

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra oděvnictví

Obor: 3106T005 Oděvní technologie



ŠITÍ VODIVÝCH DRAH U FUNKČNÍCH ODĚVŮ

SEWING OF CONDUCTING LINES AT FUNCTIONAL CLOTHES

Bc. Helena VOGELTANZOVÁ

KOD/2009/06/5 MS

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc. (TU Liberec)

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:	62
Počet obrázků:	42
Počet tabulek:	7
Počet grafů:	2
Počet příloh:	5

Anotace

Diplomová práce se zabývá tvorbou vodivých drah pomocí různých materiálů. Tyto dráhy se používají v elektronických textiliích, které mohou mít mnoho praktických funkcí a využití.

Teoretická část je věnována inteligentním textiliím, vodivým materiálům a jejich použití v oděvech.

V praktické části je provedeno šití vodivých drah a jejich aplikace na oděvní výrobek. Dále byl měřen elektrický odpor jednotlivých použitých materiálů a následně odpor na vytvořených drahách.

Závěr této práce je zaměřen na hodnocení vlivu údržby vytvořených vodivých drah na elektrický odpor.

Klíčová slova:

- Inteligentní textilie
- Inteligentní oděvy
- Vodivé materiály
- Elektrický odpor
- Vodivé dráhy

Annotation

Diploma work is about creation of conducting lines by various materials. These lines are used in electronic textiles with many functions and usage.

Theoretical part is about intelligent textiles, conducting materials and their usage in clothes.

Sewing of conducting lines and their application to clothing products is made in a practical part. Electrical resistance of used materials was measured and also resistance in produced lines was measured.

Resume of the diploma work is focused on evaluation of maintaining effect of produced lines on electrical resistance.

Keywords:

- Intelligent textiles
- Intelligent clothes
- Conducting materials
- Electrical resistance
- Conducting lines

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s uvedením použité literatury“.

V Liberci 29. 5. 2009

.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu Doc. Ing. Antonínu Havelkovi za vedení, cenné rady a připomínky při mé práci. Dále firmám APPLYCON s.r.o. Plzeň za poskytnuté vzorky a odborné rady, KOH-I-NOR a.s. Praha a v neposlední řadě firmě TEXTILDESIGN s.r.o. Liberec za poskytnutý materiál.

Také děkuji svým rodičům a přátelům za podporu, kterou mi po celou dobu studia dodávali.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Úvod	11
TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE	13
1. Inteligentní materiály	13
1.1 Intelligence	13
1.2 Inteligentní textilie – smart textilie.....	14
1.2.1 Klasifikace inteligentních textilií.....	14
1.2.2 Příklady použití inteligentních textilií	16
1.3 Inteligentní oděvy.....	17
1.3.1 Inteligentní bunda „mp3blue“	17
1.3.2 Inteligení košile.....	18
1.3.3 Elektronické podprsenky	19
1.3.4 Dětský obleček s čidly	19
1.3.5 Systém Life shirt se životně důležitými údaji.....	20
1.3.6 Plavky s indikátorem slunečního záření	21
1.3.7 Solární panely u oděvů a jejich další využití	21
1.3.8 E-textilie.....	22
1.3.9 Mikroelektronika	23
2. Snímání veličin	24
2.1 Možnosti snímání různých veličin	24
2.1.1 Pět významných oblastí využití inteligentních textilií.....	24
2.1.1.1 Senzory	25
2.1.1.2 Zpracování dat	25
2.1.1.3 Ovládací prvky (aktuátory)	25
2.1.1.4 Akumulace, uskladnění, zásobníky	26
2.1.1.5 Komunikace, spojení	26
2.2 Vodivé materiály	26
2.2.1 Výhody textilií ve využití umělé inteligence v systémech	27
2.2.2 Inteligentní textilní čidla	27
2.2.3 Textilní klávesnice	28
2.2.4 Aplikace v inteligentních textiliích.....	29
2.3 Textilní vodivá vlákna	30
2.3.1 Metalizovaná textilní vlákna.....	30
2.3.2 Uhlíková vlákna	31
2.3.3 Kovová vlákna	31

PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE.....	33
3. Etapy praktické části	33
3.1 Rozbor použitých materiálů	34
3.2 Měření elektrického odporu u jednotlivých materiálů	35
Měření elektrického odporu	35
Elektrická vodivost	35
3.2.1 Naměřené hodnoty elektrického odporu	36
3.3 Návrh zhotovení elektricky vodivých drah	37
3.3.1 Popis použitých stehů	37
3.3.2 Zhotovení elektricky vodivých drah	40
3.4 Ukončení elektricky vodivých drah.....	44
3.4.1 Ukončení vodivých nití.....	44
3.4.2 Ukončení měděného drátu	45
3.4.3 Ukončení stuhy Gibbon 2005	46
3.5 Návrh zhotovení aplikace vodivé dráhy na výrobku.....	47
3.5.1 Stuha Gibbon 2005	47
3.5.2 Měděný drát	48
3.6 Údržba elektricky vodivých drah pracím cyklem a sušením.....	53
3.6.1 Používané přístroje	53
3.7 Měření a porovnání změn elektrického odporu po údržbě.....	54
Závěr	56
Literatura	58
Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh	60

Seznam použitých zkratk a symbolů

a.s.	- akciová společnost
Ag	- stříbro
Angl.	- anglický
Atd.	- a tak dále
°C	- celsiova stupnice
cm	- centimetr
CO ₂	- oxid uhličitý
Cu	- měď
č.	- číslo
ČSN	- česká státní norma
EKG	- Elektrokardiogram
IČ	- infračervené světlo
iPod	- multimediální přehrávač
ISO	- International Organization for Standardization
kap.	- kapitola
l	- délka vodiče [m]
LED	- světlo vyzařující dioda
m	- metr
min.	- minimálně
např.	- například
obr.	- obrázek
ot.	- otáčky motoru
PA	- polyamid
PL	- polyester
R	- elektrický odpor
S	- průřez vodiče [m ²]
[S]	- siemens
s.r.o.	- společnost s ručením omezeným
tab.	- tabulka
Tex	- texy
TU	- Technická Univerzita
tzv.	- tak zvaný

U	- elektrické napětí
UV	- ultrafialové záření
[V]	- volt
Z	- počet zákrutů na jednotku délky [m^{-1}]
\bar{x}	- aritmetický průměr
Ω	- ohm
ρ	- rezistivita [Ωm]

Intelligence je páka, s níž můžeme pohnout světem.

(HONORÉ DE BALZAC)

Úvod

V současnosti se výrobci snaží přijít na novinky, kterými by mohli konkurovat masivní výrobě oděvů na východě. Proto vymýšlejí neuvěřitelné možnosti aplikování elektroniky do oděvních výrobků, které se využijí ke speciálním účelům v mnoha oborech.

Oděvy, které umí zaznamenat naše životní funkce, reagovat na různé podněty, vysílat signály, nebo pomocí solárních panelů, připevněných na oděvu, nabíjet například mobilní telefon či MP3 přehrávač, už není jen snem a přáním. Tyto oděvy již jsou k dispozici ve zdravotnictví, v armádě, v letectví, ve vrcholovém sportu a v současné době se začínají dostávat i mezi běžné uživatele.

Do těchto oděvů se integrují miniaturní elektronické součástky např. čidla, mikročipy, senzory, které zjišťují vnější působení a pak vyvolávají určitou odezvu. Je také možnost aplikace textilních klávesnic, kterými lze například zapnout MP3 přehrávač nebo mobilní telefon a mikrofonom vloženým např. do límce bezpečně komunikovat.

Ve zdravotnictví se tyto oděvy využívají např. k zaznamenávání činnosti srdce, tepu a tlaku, lze jimi také monitorovat EKG, dech a teplotu pacientů a tím oznamují nositelům a lékařům případné poruchy organismu. Vyvinul se již i dětský obleček s čidly, který neustále sleduje životní funkce novorozence. Je tak možné včasné zjištění selhání srdce a krevního oběhu a zabránit tím úmrtí kojence.

V armádě mají vysoce funkční oděvy čidla, které lze nastavit podle potřeby např. ke zjišťování kyslíku nebo nebezpečných plynů. Při bojovém nasazení lze monitorovat zdravotní stav vojáků (nositelů těchto speciálních oděvů) a dnes již lze sledovat i stres, který v boji ovlivňuje rozhodování.

Vývoj těchto oděvů jde stále dopředu. Výrobci se snaží zakomponovat určité vlastnosti budoucího oděvu nejen při vlastní výrobě oděvů, ale již ve výrobě vláken, přízí a textilií. Textilní průmysl se spojuje čím dál víc s dalšími vědními obory,

které umožňují další aplikace např. vědy o materiálech, senzorové a pohonné techniky, elektronické a informační technologie, umělé inteligence, biologie, chemie, medicíny a další fyzikálně technické vědy. Tím vzniká mnoho možností řešení výroby těchto inteligentních oděvů.

Tato diplomová práce je zaměřená na šití vodivých drah, kterými jsou spojené miniaturní elektronické součástky v oděvu a dále pak sledování změn při údržbě a užívání oděvu.

TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

1. Inteligentní materiály

1.1 Intelligence

Pojem intelligence je složité přesně definovat. Intelligence vznikla z latinského *inter-legere*, což znamená rozlišovat, poznávat, chápat. Intelligence je rozumová schopnost řešit nově vzniklé nebo obtížné situace; schopnost učit se ze zkušeností; schopnost přizpůsobit se; schopnost správného určení podstatných souvislostí a vztahů, pomocí nichž řešíme nové problémy a orientujeme se v nastalých situacích.[1]

Uznávání světoví psychologové definovali inteligenci například takto:

- W. Stern:** Intelligence je všeobecná schopnost individua vědomě orientovat vlastní myšlení na nové požadavky, je to všeobecná duchovní schopnost přizpůsobit se novým životním úkolům a podmínkám.
- D. Wechsler:** Intelligence je vnitřně členitá a zároveň globální schopnost individua účelně jednat, rozumně myslet a efektivně se vyrovnávat se svým okolím.
- J.P. Guilford:** Intelligence je schopnost zpracovávat informace. Informacemi je třeba chápat všechny dojmy, které člověk vnímá.

Umělá intelligence (UI)

Pojem umělá intelligence je stejně složitá na přesné vystižení jako pojem intelligence. Proto je uvedeno několik možností, jak tento pojem lze vysvětlit.

Umělá intelligence je obor informatiky zabývající se tvorbou strojů vykazujících známky inteligentního chování.

- M. Minsky:** Umělá intelligence je věda o vytváření strojů nebo systémů, které budou při řešení určitého úkolu užívat takového postupu, který kdyby ho dělal člověk – bychom považovali za projev jeho intelligence.(1967)

Alternativní definice

- 1) UI je označení uměle vytvořeného jevu, který dostatečně přesvědčivě připomíná přirozený fenomén lidské inteligence.
- 2) UI označuje tu oblast poznávání skutečnosti, která se zaobírá hledáním hranic a možností symbolické (znakové) reprezentace poznatků a procesů jejich nabývání, udržování a využívání.
- 3) UI se zabývá problematikou postupů zpracování poznatků – osvojováním a způsobem použití poznatků při řešení problémů.

Umělá inteligence je interdisciplinární vědou, která nemá pevně vymezený předmět zkoumání ani teoretický základ – jde spíše o soubor metod, teoretických přístupů a algoritmů, sloužících k řešení velmi složitých úloh [2].

1.2 Inteligentní textilie – smart textile

Klasická textilní odvětví se skoro celá přesunula ze západního světa do Asijských zemí a západní svět klade důraz na inteligentní textilie.

Chytré textilie (= inteligentní textilie) zahrnují vlastnosti, které se opírají o různé podněty a mění svou velikost, tvar, barvu nebo chování. Inteligentní textilie jsou na cestě vyhrát zpět ztracené pozice textilií ve světě obchodu a jsou viděny jako textilie budoucnosti.

Inteligentní textilie jsou definovány jako textilie, které odpovídají a reagují na vnější podmínky a podněty mechanického, tepelného, chemického, elektrického a magnetického zářivého působení [3].

1.2.1 Klasifikace inteligentních textilií

Vzhledem k funkčním činnostem mohou být inteligentní textilie hodnoceny ve třech kategoriích.

Pasivní inteligentní textilie: První generaci inteligentních textilií tvoří textilie, které jsou pouhými senzory vnějších podmínek a podnětů. Patří sem čidla a indikátory

stavu okolí. Najdeme mezi nimi např. optická vlákna, která přenášejí světelný signál, ale jsou citlivá na elektromagnetické pole, deformaci, koncentraci chemikálií, tlak, elektrický proud, zrychlení, apod.

Aktivní inteligentní textilie: Druhá generace inteligentních textilií má senzory i řídicí jednotky aktuátory. Řídicí jednotky reagují na zjištěný podnět buď přímo, nebo prostřednictvím centrální řídicí jednotky. Aktivní inteligentní textilie mají např. tvarovou paměť, mění barvu = chameleonský jev, jsou odolné proti vodě, propouštějí páru (hydrofilní neporézní), uchovávají teplo, jsou termoregulovatelné, pohlcují páru, vydávají teplo a tvoří i elektricky vytápěné obleky. Tyto inteligentní obleky jsou schopné získávat informace o dávkách záření apod.

Super(ultra)inteligentní textilie: Velice inteligentní textilie jsou třetí generací chytrých textilií, které jsou schopny identifikovat změny, reagovat na ně a přizpůsobit svou funkci na vnější podmínky a podněty. Silně inteligentní nebo superinteligentní textilie se v podstatě skládá z jednotky, která pracuje podobně jako mozek, nebo jako centrální počítač s poznávací schopností, hodnotící a aktivační schopností a se schopností vytváření podnětů odezvy a činnosti aktuátorů.

Nová vlákna, textilní materiály a součástky miniaturizované elektroniky umožňují vytvářet takové inteligentní textilie k vytvoření skutečně užitečných technických oděvů, jako jsou oděvy kosmonautů, pilotů, lékařů, chemiků, záchranných složek a dalších. S těmito inteligentními oděvy se počítá také k běžnému nošení [3], [4].

Výhodou textilních struktur jako nosiče inteligentních reakcí je především možnost poskytování vysokého komfortu, trvanlivost, snadná údržba, nízká měrná hmotnost spojená s dobrou pevností, tažností, elasticitou, extrémně velký měrný povrch, snadná výroba, ergonomie, testování, likvidace, cenová dostupnost [5].

Cesty vedoucí ke smart textilním strukturám mohou být následující:

- 1) použití nových a netradičních materiálů a struktur na atomární a molekulové úrovni, aktivace textilních povrchů;
- 2) konstrukce nových materiálů a struktur složením známých základních složek (připojení aktivních parazitických elementů do struktury nebo přímo jejich zakotvení ve struktuře). Dále vysvětleno v kapitole 2.1.

1.2.2 Příklady použití inteligentních textilií

Motivací pro vývoj inteligentních textilií je v první řadě vojenství, na které se myslí vždy jako první. Pro armádu se používají na ochranu proti extrémním klimatickým podmínkám, pro kamufláže znesnadňující identifikaci a indikaci, pro ochranu proti bojovým plynům a proti bakteriím a virům.

V medicíně se používají bariérové textilie, inteligentní textilie pro dávkování léčiv v závislosti na stavu pacienta a textilie pro diagnostikování poruch funkcí lidského organismu.

Tyto textilie se uplatňují i v technickém sektoru. Jsou to bariérové textilie proti mechanickým vlivům, bariéry proti elektrickým a magnetickým polím, bariéry proti záření (IČ, UV), inteligentní filtry, inteligentní oddělovače (separátory), které se používají jako odsolovače mořské vody a dále pak zdroje energie pro chameleonské odezvy textilií, které mění barvy v závislosti na světle či teple. Anebo teplo ukládající, uvolňující textilie, konstruované na principu materiálů měnících fázi v závislosti na přednastavené teplotě.

Dále se mohou vyrábět: textilie s tvarovou pamětí, textilie senzitivní na pH, vlhkost, koncentrace solí, což se projevuje tak, že jejich struktura může dramaticky bobtnat nebo kolabovat. Dalšími příklady může být použití aerogelů nebo auxetických materiálů (s negativním Poissonovým číslem, které se při deformaci rozšiřují).

Pro **aktivaci textilních povrchů** jsou nejčastěji používány technologie tisku, laminace, impregnace funkčních prvků ve formě nanovrstev, které při relativně nízké hmotnosti a spotřebě materiálu poskytují tisícinásobně větší reakční funkční plochu a neovlivňují negativně fyziologické vlastnosti textilie (omak, splývavost,...), příklad - samočisticí povrchy.

Další možností aktivace povrchů je připojení (vložení) aktivních prvků na bázi mikro a nano částic - tzv. enkapsulace.

Enkapsulace představuje uzavření aktivní substance do porézního obalu (slouží k absorpci pachů, chemikálií, uvolňování vůní, antibakteriálních a antivirových substancí, insekticidů) nebo neporézního obalu (látky měnící skupenství - textilie zadržuje teplo,...) [5].

1.3 Inteligentní oděvy

Intelligentní oděvy jsou kombinací elektroniky a oděvních textilií. Nová vlákna, textilní materiály a miniaturní elektronické součástky jsou schopné vytvořit efektivní inteligentní oděv. Tyto chytré oděvy jsou nošeny jako běžné oblečení, které poskytuje pomoc v různých situacích vzhledem k tomu, jak jsou aplikace navrženy.

Intelligentními oděvy se v současné době zabývá již několik firem např. firma SCOTTeVEST, česká firma APPLYCON, německý výrobce oděvů ROSNER a výrobce polovodičů INFINEON TECHNOLOGIES, britská firma ELEKSEN a další.

1.3.1 Inteligentní bunda „mp3blue“

Německý výrobce oděvů Rosner ve spolupráci s výrobcem polovodičů Infineon technologies již prodávají bundu „mp3blue“, která je MP3 přehrávačem, jehož jednotlivé části jsou do ní všité. V límci je mikrofon a sluchátka a na rukávu je ovládací klávesnice (obr.1-1).



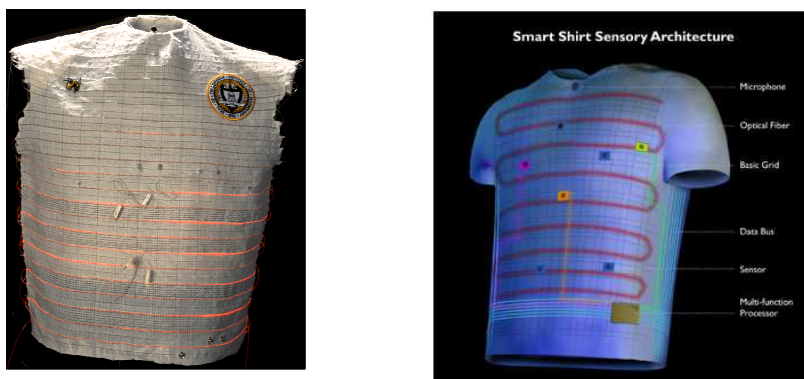
Obrázek 1-1: Ukázka mikrofonu a ovládací klávesnice u bundy „mp3blue“ od firmy Rosner [7], [8].

Česká firma Applycon sídlící v Plzni vyvíjí a vytváří elektroniku pro inteligentní oděvy (a vymýšlí co všechno má oděv umět). Nejprve bundy vyzkoušeli pro sport u snowboardistů, aby zjistili, co všechno inteligentní oblečení vydrží. Elektronika je zabudována do oděvu tak, že se dá bez problému prát a ždímat, jen se musí vyndat elektronická jednotka, která celý systém řídí. Pouze není vhodné sušení v sušičce, kvůli

vysokým teplotám. Tato firma se nyní soustředí na pracovní oděvy pro vojáky, záchranáře, horníky a další. Vymysleli například systém, který vojáka v uniformě dokáže upozornit, že na něj míří laserová zbraň [7].

1.3.2 Inteligení košile

Výzkumný ústav Georgia Tech (profesor Sundaresan Jayaraman) se stal průkopnickým ústavem, který provádí integraci elektroniky s textilem. Tato inteligentní košile byla zhotovena pro bojové podmínky. Oblečení využívá optických vláken k detekci zranění a speciální čidla, které monitorují zdravotní stav během bojů. Lékařská čidla, připojená k tělu zabudovaná do kompjuterizované košile tvoří pak ohebnou řídicí desku. Textilní e-soustava GTWM je tkanina vytvořená z polymerových optických vláken a jiných speciálních inteligentních nití a tvoří integrovanou e-textilii. Systém GTWM určuje přesnou polohu fyzikálního problému na těle a skýtá informaci během několika sekund. To umožňuje zjistit, kdo vyžaduje bezprostřední pomoc v prvních hodinách boje, které jsou nejkritičtější ve válečném tažení. Dále je pak možné nastavovat čidla v souladu s požadavky uživatele. Např. plamenometník má čidla k zjišťování kyslíku nebo jiných nebezpečných plynů. Jiné senzory sledují rychlost dýchání, tělesnou teplotu a další (obr.1-2), [9], [10].



Obrázek 1-2: Vlevo - Košile GWDT institutu Georgia Tech, vpravo - Inteligení košile Sensatex [9].

Inteligentní košile se používají v nejrůznějších oborech a firma Sensatex je běžně dodává k obchodním účelům pro lékařské monitorování nemocí, monitorování kojenců, atletů a pro vojenské účely [10].

1.3.3 Elektronické podprsenky

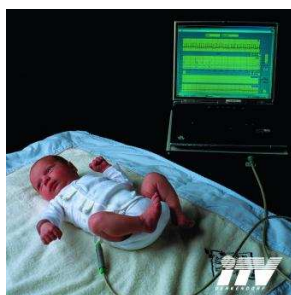
Profesor Malcolm McCormick z De Monfordské university vyvinul nové elektronické zařízení založené na průchodu elektrického proudu poprsím. Je založeno na rozdílu elektrického odporu mezi zdravou a nádorovou tkání. Měřením poprsí pod různými úhly je možné pomocí počítače vytvořit tomogram nádoru. Tato technologie by mohla být dostupná během několika let a mohla by sloužit k rychlé vlastní diagnostice nádorových onemocnění prsů. Plavky jsou znázorněny na obr.1-3 [9].



Obrázek 1-3: Elektronická podprsenka [9].

1.3.4 Dětský obleček s čidly

Ve výzkumném ústavu ITV v Denkendorfu vyvinula skupina výzkumníků speciální kojenecké tílko vybavené čidly (obr.1-4). Tím je možné neustále sledovat životní funkce dítěte, jako jsou činnost srdce, plic, pokožky a tělesná teplota. Tak je možné včasné zjištění nemoci srdce a krevního oběhu. Očekává se, že je možné předcházet tímto opatřením smrti dítěte v postýlce nebo jiným ohrožením dítěte. Čidla jsou rozmístěna tak, aby nepřekážela a nenarušovala spánek dítěte [9], [11].



Obrázek 1-4: Dětská vesta s čidly (výrobek ITV) [9].

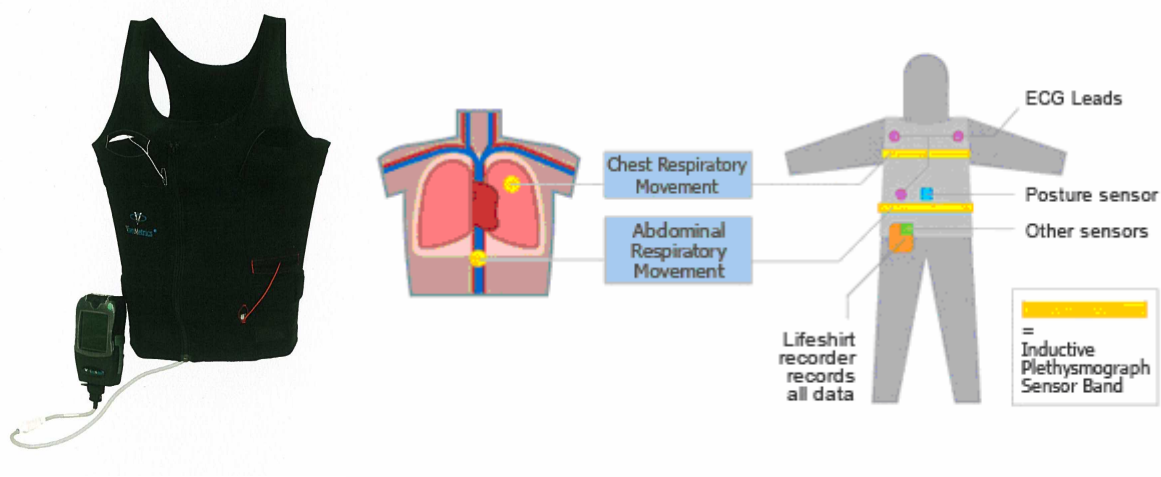
1.3.5 Systém Life shirt se životně důležitými údaji

Pracující monitorující systém, který je schopný sledovat plicní, srdeční a jiné fyziologické údaje a jejich souvislosti v reálném čase (obr.1-5).

Soustava Life Shirt shromažďuje údaje pacienta po celý den a skýtá farmaceutickému a lékařskému výzkumu zdravotní stav pacienta v reálných životních podmínkách. (práce, škola, cvičení spánek) a nejen momentální záběr.

Systém Life Shirt shromažďuje, analyzuje a uvádí plicní, srdeční a další zdravotně důležité údaje pacienta a dává je do souvislosti s daty získanými vybranými periferními přístroji, které měří tlak krve, objem kyslíku v krvi, EKG, EOG, periodický pohyb nohou, střední tělesnou teplotu, teplotu kůže, konečný stav CO₂ a kašel.

V soustavě Life Shirt je zdůrazněna zvýšená ambulatorní verze respiračního induktivního pletysmografu (RIP), což je zlatý standard pro sledování dýchání. Systém RIP je užíván ve více než v 1000 nemocnicích v jednotkách intenzivní péče na celém světě. RIP je ideální přístroj pro měření plicního objemu pacientů. Systém Life Shirt je dostupný v dětských i dospělých rozměrech od 5 do 17 let a je používán pro klinická vyšetření a pro výzkum. Je dostupný i jako přístroj na lékařský předpis [9].



Obrázek 1-5: Vlevo Life Shirt, vpravo schéma fungování Life Shirt [12].

1.3.6 Plavky s indikátorem slunečního záření

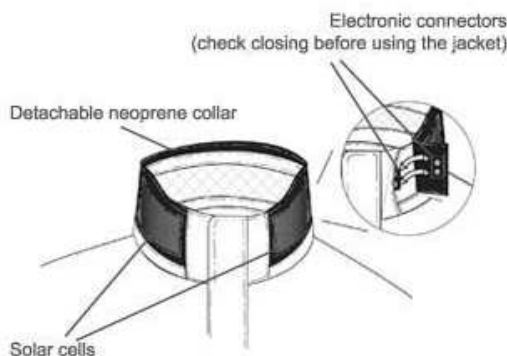
Během slunění je vhodné znát intenzitu slunečního záření. To je možné zajistit užíváním inteligentních plavek, které jsou schopné uvádět intenzitu záření. Takové elektronické plavky jsou znázorněny na obr.1-6.



Obrázek 1-6: Elektronické plavky schopné ukazovat stav ultrafialového záření a dobu opalování [9].

1.3.7 Solární panely u oděvů a jejich další využití

U inteligentních oděvů se využívají i solární články, které dobíjejí řídicí elektroniku. Tyto panely o velikosti cca 6 x 10 cm a tuhé podobě, se připevňují na odepínací límec (obr. 1-7), který se po sundání může použít k nabíjení telefonu i mimo oděv. Sluneční kolektory vydrží dobíjet při používání sluchátek, mp3 přehrávače a všech elektronických zařízení poháněných 5 nebo 6 V. V ideálním případě by měli být solárními články použity kolmo na sluneční paprsky, a to bez překážek, které by mohly narušit příjem [3].



Obrázek 1-7: Odepínací límec se solárními články [3].

Hlavní využití slunečních buněk v textilních oborech je jejich využití jako zdrojů elektrického napětí pro elektronické textilie (e-textilie), dále vysvětleny v kapitole 1.3.8. Lze jich užívat přímo, nebo na nabití baterií, které pak po zapnutí slouží jako zdroje elektrického napájecího napětí elektronických prvků, dobíjení mobilních telefonů, přehrávačů a měřících či indikačních přístrojů v e-textiliích [9].



Obrázek 1-8: Příklady využití solárních panelů na textilních podkladech [9].

V současnosti vznikají nové oblasti v textilním výzkumu: nanášení fotovoltaiických vrstev přímo na povrch textilií. Např. multidisciplinární skupina německých výzkumníků již představila textilie s CIGS solárními celami s účinností 8,3 %.

1.3.8 E-textilie

Elektronika integrovaná v oděvu jde cestou vývoje e-textilu. To znamená, že čidla, baterie, vodiče se již nebudou vsívat do již hotového oblečení, ale vše bude již zatkané přímo v látce.

Britská firma Eleksen už takovou e-textilii pod názvem ElekTex vyrábí. Látka se skládá z několika vrstev. Z vodivé a z těch co jí tvoří ochranný obal. Její výjimečnost je v tom, že tento materiál "cítí" na svém povrchu dotek. Tkanina registruje nejenom bod, kde jste se jí dotkli, ale i tlak a směr přitlačení. A ještě ke všemu si ElekTex zachovala všechny vlastnosti normální látky - čili může se rolovat, skládat a hlavně i prát.

Tkanina by se měla využívat například k vytvoření ohebných klávesnic i chytrých oděvů. Eleksen už vyrábí ve spolupráci s firmou Spyder sportovní obleky umožňující používat iPod od Apple aniž by bylo nutné ho vyndat z kapsy. Ovládá se tlačítka vyznačenými na rukávu.

Dvě americké firmy Konarka a Textronics, které v současnosti spolupracují v oblasti e-textilu, vyrábí z vodivého polymeru ultratenký materiál Power Plastic. Jedná se vlastně o velmi neobyčejnou sluneční baterii. Za vývojem tohoto materiálu stojí nositel Nobelovy ceny za chemii pro rok 2000 Alan Heeger, který je ve firmě vedoucím výzkumu a i jedním z jejich zakladatelů.

Originální technologie výroby této baterie - fólie, jí dovoluje vyrábět ve formě nekonečného úzkého pásu, který se až následně řeže podle potřeby, na co bude použit (oděv, taška, apod.).

Textronics se specializuje přímo na e-textil a také na polymery neobyčejných vlastností - svítivých nebo měnících své elektrické parametry při natahování - což společně s Power Plastic lze velmi dobře využít k výrobě „inteligentních“ oděvů. Oděvů opravdu chytrých sloužících nejen k přehrávání muziky, ale představujících neustále funkční osobní počítač, videokameru, mobil, televizi, přičemž všechna tato elektronika bude do nich přímo integrována. Přísun energie vyřeší sluneční baterie. Ohebné klávesnice a displeje také existují. Dokonce již známe i ohebné čipy, takže oděv, který bude zároveň i elektronickým zařízením, se za několik let může stát realitou [16].

1.3.9 Mikroelektronika

Tempo rozvoje mikroelektroniky je mimořádně vysoké. Mikroelektronická výroba se stává stále více mezinárodní. Na její rozvoj se poskytují obrovské prostředky i z celospolečenských zdrojů.

Je spojena s vytvářením elektronických zařízení malých rozměrů (integrovaných obvodů, dále jen IO) s velkou funkční schopností, vysokou spolehlivostí, malou spotřebou energie a nízkou cenou. Na jejím vzniku a vývoji se výrazně projevilo a projevuje úsilí po zmenšování rozměrů, hmotnosti a spotřebovaného výkonu.

Mikroelektronika je charakterizována dvěma principy: **mikrominiaturizací** a **integrací** obvodových prvků i funkcí. Do oblasti mikroelektroniky jsou zahrnuty všechny oblasti zabývající se vývojem vytváření IO a jejich aplikacemi.

Význam a možnosti mikroelektroniky ukazuje současná výpočetní a telekomunikační technika, kde je její nejdůležitější využití.

Základními stavebními prvky mikroelektroniky jsou integrované obvody. Tisíce až milióny tranzistorů spolu s diodami, rezistory, kapacitory [19].

2. Snímání veličin

2.1 Možnosti snímání různých veličin

Jako příklad materiálů používaných v pasivních smart textiliích (čidlech) mohou být uvedena optická vlákna (měření a monitorování změn UV, viditelného a IČ záření, vlhkosti, přítomnosti iontů, chemikálií, mechanické energie, apod.), vlákna z bioaktivních materiálů (postupné uvolňování substancí během nošení,...) a vodivé polymery.

Pro konstrukci aktivních textilních struktur (akčních členů) může být použita řada materiálů, které reagují na podněty (např.: elektromagnetické energie = UV, viditelné i IČ záření; chemické energie = vlhkost, přítomnost iontů; mechanické energie = tlak, krut;...) odezvou (změnou) (např.: tvaru = bobtnání, srážlivost; barvy = odstín, intenzita; el. vodivosti; látkového stavu = změna fáze, krystaliniky; apod.) [5].

Intelligentní textilie musí mít ve své struktuře dvě hlavní složky – senzor a aktuátor. Je také možné zhotovení s vyhodnocovací jednotkou, která řídí aktuátor na základě signálů dodaných senzorem.

2.1.1 Pět významných oblastí využití inteligentních textilií

Intelligentní textilie mohou obsahovat těchto pět prvků senzory, jednotky pro zpracování dat, ovládací prvky, akumulátory, jednotky pro komunikaci.

Funkční intelligence textilií může být patrná, nebo může být skryta ve vlastnostech materiálu nebo jeho struktuře. Musí však splňovat vlastnosti, které jsou kladeny na oděvy. A to např. pohodlnost, odolnost proti opotřebení, odolnost proti běžné údržbě [6].

2.1.1.1 Senzory

Senzory detekují jisté signály a transformují je na jiný typ signálu, který může být dále zpracováván počítačem nebo člověkem. Většina signálů snímaných senzory je transformována do elektrických impulsů. Proto jsou elektricky vodivé materiály při konstrukci inteligentních textilií nezbytné [6].

Mezi materiály, které mají schopnosti transformovat jsou např.:

- **Termočlánek** – mění tepelný signál na elektrický
- **Technologie tlakových rezistorů** – mění svůj odpor v závislosti na tlaku – převádí mechanický impuls (tlak) na elektrický signál.
- **Quantum Tunnelling Composite (QTC)** – za normálních podmínek je to izolátor, za působení tlaku se změní na vodič. Tento aktivní polymerní kompozit může být nanesen na jakoukoliv textilní strukturu, tkaninu, pleteninu nebo netkanou textilií.
- **Vlákněná Braggova mřížka (GBG)** – zde je mechanický impuls převeden na optický a následně na elektrický [6].

2.1.1.2 Jednotky pro zpracování dat

Zpracování dat je proces, který je požadován jen tehdy, je-li aktivní zpracování nevyhnutelné. Do dnešní doby žádný textilní materiál není schopen plnit tuto úlohu. Stále je třeba používat elektronických částí. Tyto části jsou dnes již miniaturizované a pružné. Vývoj se snaží vložit aktivní komponenty do vláken (Projekt Ficom) [6].

2.1.1.3 Ovládací prvky (aktuátory)

Ovládací prvky reagují na impulsy získané ze senzorů, nebo již na zpracovaná data. Jsou podobné senzorům, také transformují vstupní signál na signál výstupní. Z této oblasti jsou nejznámější materiály s tvarovou pamětí. Transformují tepelnou energii na pohyb.

Materiály s tvarovou pamětí existují i ve formě nití. Přestože jsou polymery s tvarovou pamětí levnější, jsou méně často využívány, neboť umožňují jen nízké zatížení během zotavovacího cyklu [6].

2.1.1.4 Akumulátory

Detekce, zpracování dat, ovládání, komunikace, toto vše potřebuje energii, většinou elektrickou. Zdroje energie, které jsou k dispozici pro oděv, jsou například tělesná teplota, mechanická energie (elastická z deformace textilie, kinetická z pohybu těla), záření, apod.

Akumulátory využívají:

- transformaci teplotního rozdílu mezi lidským tělem a okolím na elektrickou energii, pomocí termočlánekových baterií,
- solární energii.

V současné době se již používají ohebné verze baterie – LI-ON [6].

2.1.1.5 Jednotky komunikace

V oblasti inteligentních textilií má komunikace mnoho podob. Je potřeba přenášet informace:

- uvnitř jedné části oděvního systému,
- mezi jednotlivými částmi oděvního systému,
- mezi nositelem a oděvem – zadávání instrukcí,
- mezi nositelem oděvu a okolím – sdílení informací.

V současné době je komunikace uvnitř oděvního systému realizována pomocí optických vláken nebo vodivých přízí. Obě řešení mají textilní charakter a mohou být snadno integrována do textilií [6].

2.2 Vodivé materiály

Existují dvě strategie k vytváření elektricky i tepelně vodivých výrobků a dva typy materiálů, a to kovů a polymerů. Stejné materiály se užívají pro oba typy vodivosti. Oba jsou podobné a jsou způsobeny pohybem elektronů, iontů a molekul.

První strategie využívá povrchové úpravy s tekutými barvivy (inkousty) a vysokým obsahem kovů, které zajišťují komfort požadovaný pro obleky. S přídavkem niklu, mědi, stříbra a uhlíku do povrchových vrstev textilií různých tloušťek, zajišťuje povrchová úprava textilií jejich vhodné fyzikální a elektrické vlastnosti, jakých je potřeba pro žádané aplikace.

Druhá strategie využívá vodivých vláken a přízí. Vodivé příze jsou vytvářeny přidáním kovových vláken (stříbro, zlato, měď a dalších) nebo vodivých polymerů.

V současné době již existuje mnoho různých obchodních značek, které vyrábějí tyto materiály, a přesto mají všechny stejné hlavní vlastnosti. Jsou obvykle lehké, trvanlivé, ohebné a cenově dostupné. Mohou být zvlněné, dají se snadno i spojovat a může se s nimi bez potíží zacházet jako s textiliemi [9], [24].



Obrázek 2-1: Příklady vodivých přízí a kapalných barviv (inkoustů) užívaných v textiliích [9].

2.2.1 Výhody textilií ve využití umělé inteligence v systémech

Výhod pro využití textilií v systémech umělé inteligence je několik. Velká výhoda je snadné spojování a rozebírání spojů šitím a páráním, jednoduchá údržba praním a čištěním. Textilie mají všeobecně nízkou hmotnost, dále dostatečnou pevnost, deformační schopnost a pružnost. U textilií je jednoduché přizpůsobení (jednoduchá formovatelnost) bez potřeby složitých změn v technologii, jako jsou například záševky nebo záložky. Mají extrémně velký měrný povrch a zároveň poměrně nízkou cenu ve srovnání s jinými technologiemi [13].

2.2.2 Inteligentní textilní čidla

Obecně lze říci, že čidlo je zařízení, které zaznamenává určitou mechanickou veličinu a převádí ji na elektrický signál.

Jsou schopná indikovat změnu stavu a podmínek okolí. Využívají se v oděvních a technických textiliích, v kompozitech, a také ve speciálních zařízeních pro sledování (monitorování) a indikaci různých veličin.

Hlavní představitel inteligentních textilních čidel jsou **optická vlákna**. Optická vlákna upozorňují na změny vnějších prostorů. Jsou vyráběna buď na základě křemíku, nebo speciálních polymerů.

Uplatňují se při přenosu optického signálu, při přenosu informací o změnách teploty, mechanického namáhání, magnetického pole. Poskytují informace o přítomnosti chemických látek.

Neuplatňují se zde „klasická“ optická vlákna (jako např. u přenosu signálu telefonních a počítačových sítí), ale tzv. vlákna gradientová. Například textile TACTEX – využívá optických vláken a je schopná rozlišit polohu a sílu přítlaku.

Dalším typem inteligentních textilních čidel jsou **vlákna vodivá**, která se používají pro indikaci změn teploty.

Pro sledování změn teploty se používají také vlákna piezoelektrická, vlákna s tvarovou pamětí, vlákna s kapalnými krystaly, vlákna chameleonská.

Vlákna, která mění svůj elektrický odpor

Uvnitř struktury pružných (elastomerových) vláken jsou zabudovány jemné vodivé částice kovů. Částice jsou v původním stavu od sebe vzdáleny a vlákna jsou nevodivá. Jestliže se vlákno natáhne, zkrutí, stlačí, částice se k sobě přiblíží. Snižuje se elektrický odpor vláken až do stavu vodivosti.

Snímače polohy a tlaku jsou tkané displeje, přepínače, informační podložky a tkané klávesnice [14], [23].

2.2.3 Textilní klávesnice

Textilní klávesnice je tvořena řadami a sloupcem z vodivých a nevodivých vláken. Spínají se při stlačení v bodech překřížení.

Klávesnice se skládá ze dvou vysoce vodivých kovových vrstev (struktur) a jedné nevodivé vrstvy, které jsou oddělené izolací z nylonové síťoviny. První vrstva má vodivá vlákna v osnově, druhá vrstva má vodivá vlákna v útku. Při stlačení na správném místě se dvě vodivé vrstvy zkontaktují přes prostory v nylonové síťovině a dochází k propojení útkové a osnovní vodivé sítě přes volný prostor v PA síti. Podle elektrického toku se identifikuje místo stlačení. Tato klávesnice může být opakovaně rolována, mačkána a prána, aniž by to ovlivnilo její elektrické vlastnosti.

Kromě aplikací v elektronice se tento princip uplatňuje také u světélkujících oděvů. V závislosti na pohybu nositele dochází ke spínání vodivých míst, která jsou napojena na světlo emitující diody (LED) [9].



Obrázek 2-2: Příklady textilních klávesnic [9].

2.2.4 Aplikace v inteligentních textiliích

Elektrické vodivé materiály jsou také tepelně vodivé a využívají více kovů před polymery. Jsou užívány na sportovní obleky s přístrojovou technikou a vyžadují minimum tepelné izolace.

Jiným typem vodivých vláken jsou uhlíková vlákna.

Struktura těchto materiálů nabízí možnost čtení polohy na štítku výrobku a bodu přitlaku, jako např. přitlak prstu. Je možné umístit takové značkování do elastické folie, která umožňuje přizpůsobit ji do trojrozměrného (3D) tvaru a přesně měřit polohu v souřadnicích X-Y.

Měření je možné odečítat v závislosti na síle a ploše. Odečítání tlaku je proměnlivé podle konstrukce výrobku a podle citlivosti na sílu nebo plochu. Užitím této technologie je možné vpravit do textílie tlakové citlivé senzory, které jsou neviditelné, aniž se příliš zvětšila cena a jiné vlastnosti textilií [9], [15].

Elektricky vodivé materiály mohou být ještě dále využívány například k ohřevu oděvů v extrémně chladném počasí. K výhřevu je třeba vnějšího elektrického zdroje, neboť teplo vzniká jouleovým jevem. Tepelná vodivost umožňuje rozvod tepla celým oděvem.

Existují také některá použití vodivých textilií ke konstrukci antén, kde se tak dá využít jejich schopnosti zachycovat elektromagnetické vlny.

Jedním z hlavních použití vodivých textilií je jako zdrojů elektrické energie pro elektronická zařízení umístěných v textiliích [9].

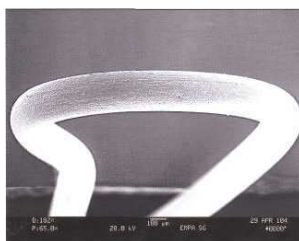
2.3 Textilní vodivá vlákna

Na trhu je již mnoho vodivých vláken a přízí, např. tkaniny z kovového hedvábí, vlákna z nerezavějící oceli, mědi, stříbra, zlata, drátky z nerezavějící oceli potažené polymerovými vlákny, kovo-aramidová vlákna, vodivá polymerní vlákna. Dále se pro vodivost materiálů používají povrchové úpravy - vodivé polymerní nátěry a speciální uhlíková vlákna a tkaniny.

2.3.1 Metalizovaná textilní vlákna

Nový proces snižuje náklady tím, že se zmenší vrstva pokovení na vláknu, aniž by se snížila kvalita materiálu. Výroba je tak levnější a šetrnější k životnímu prostředí. Textilní vlákna metalizovaná stříbrem pomáhají chránit před bakteriemi, UV zářením a elektrosmogem. Dosud používaný výrobní postup produkoval velké množství environmentální odpadní vody.

Další alternativou by byla nízkotlaká plasmová technologie. Ovšem tato technologie je velmi drahá, proto firma EMPA vyvinula pro textilní průmysl plasmové nanášecí zařízení. Nanášená vrstva je desetkrát až dvacetkrát menší než u dosavadní technologie. Tím si materiál ponechává charakteristické textilní vlastnosti, možnost zpracování tkaním či pletením [17].



Obrázek 2-3: Vlákno pod mikroskopem [17].

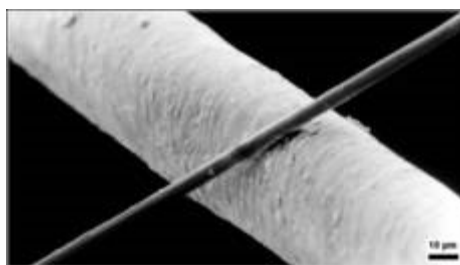
2.3.2 Uhlíková vlákna

Uhlíkové vlákno (též karbonová vlákna, z angl. **carbon fibres**) je název pro vlákno obsahující uhlík v různých modifikacích. Jedná se o dlouhý, tenký pramen materiálu o průměru 5–8 μm složeného převážně z atomů uhlíku. Atomy uhlíku jsou spojeny dohromady v mikroskopické krystaly, které jsou více méně orientovány paralelně k dlouhé ose vlákna. Krystalové uspořádání způsobuje, že vlákno je na svou tloušťku velmi pevné. Hustota vlákna je asi 1750 kg/m^3 . Několik tisíc uhlíkových vláken, která jsou smotána, tvoří společně přízi, která může být použita samotná nebo vetkána do tkaniny.

Uhlíková vlákna se též používají při výrobě kompozitních materiálů, které vynikají vysokou pevností a nízkou hmotností.

Vzhledem ke svým vlastnostem (pevnost, malá hmotnost, nehořlavost, dobrá elektrická vodivost, nízká tepelná vodivost) se tato vlákna uplatňují ve strojírenství, leteckém průmyslu, v kosmonautice, nyní i v textilním průmyslu a v řadě dalších oborů.

Tepelná a elektrická vodivost je u uhlíkových vláken závislá na modifikaci při výrobě a ta je volitelná mezi silnou vodivostí a dobrou izolační schopností [18].



Obrázek 2-4: Uhlíkové vlákno o průměru 6 μm v porovnání s lidským vlasem [18].

2.3.3 Kovová vlákna

Kovy jsou svými mechanickými vlastnostmi, elektrickými vlastnostmi a nízkou cenou zajímavým materiálem pro technické aplikace. Ve formě tenkých drátků mají širokou oblast použití.

Pro výrobu drátků do 100 μm se používá techniky tažení (obvykle přes kónické otvory) za studena nebo za tepla. Při tažení za tepla, vhodném pro křehké kovy (wolfram, molybden), se volí teplota nad teplotou krystalizace. Pro kujné kovy (ocel,

měď, zlato, stříbro) se používá tažení za studena. Při tomto druhu tažení dochází také k deformačnímu zpevnění, jehož důsledek je zvýšení pevnosti a snížení kujnosti.

Pro výrobu tenčích drátků se používá tzv. Tailorův proces. Principem je obalení silnějšího drátku vhodným sklem a protahováním za teplot, kdy je sklo změkklé a kov uvnitř buď plastický, nebo roztavený. Jako vhodné se používá borosilikátové sklo typu Pyrex. Tímto způsobem lze vyrobit drátky řádově 10 μm silné [6],[20].

Kovová vlákna

Berylium má extrémně nízkou měrnou hmotnost při vysokém počátečním modulu (tuhosti). Problém je vysoká toxicita vyžadující speciální manipulaci.

Měď se používá pro svou výbornou elektrickou vodivost. Často se potahuje polymery (polyestery, polyamidy, aramidy) a přidává se (v relativně malém množství) do vlákenných struktur jako vodivá komponenta.

Ocel se používá pro svou pevnost do nosných kabelů. Velmi jemná ocelová vlákénka (průměr 15 μm) se dodávají jako vodivá komponenta do termoplastů pro konstrukci bariér vůči elektromagnetickému záření. Klasické je použití ocelových výztuží do pneumatik.

Wolfram se pro svoji vynikající tepelnou odolnost a vysoký modul hodí také jako zesílení do kompozit typu kov/kov. Wolframová vlákna jsou převážně používána v žárovkách nebo jako ohřevné dráty.

Kromě kovových vláken, či spíše tenkých drátků, se často používá pásků potažených polymery. V některých případech stačí použít kovové prášky jako aditiva do polymeru před zvláknováním nebo jako dodatečné úpravy [6],[20].

PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

V praktické části byla řešena možnost šití vodivých drah pomocí šicích vodivých nití a měděného drátu, jejich aplikace a využití při tvorbě oděvu. Vodivé nitě i použitý drátek byly přímo použity jako šicí materiál k vytvoření vodivé dráhy. Pro vodivou dráhu byla dále použita i stuha, kterou vedou dvěma místy stříbrná vlákna. Tyto dráhy byly ukončeny propojovacími kontakty pro možnost využití vodivých drah k přenosu signálu. Dále bylo na těchto vzorcích provedeno srovnání zkoušky vodivosti dráhy před a po pracím cyklu a sušení.

Byl vytvořen výrobek pro odzkoušení vodivých drah, jeho ukončení i ukončení jednotlivých zakončení.

Elektricky vodivé dráhy byly šity na šicích strojích značky SIRUBA. Jejich parametry jsou uvedeny v příloze č. 3.

Všechna uvedená měření byla provedena v laboratořích Katedry oděvnictví Technické univerzity v Liberci s použitím níže uvedených přístrojů.

3. Etapy praktické části

- 1) Rozbor použitých materiálů.
- 2) Měření elektrického odporu u jednotlivých materiálů
- 3) Návrh zhotovení elektricky vodivých drah.
- 4) Ukončení elektricky vodivých drah.
- 5) Návrh zhotovení aplikace vodivé dráhy na výrobku.
- 6) Údržba elektricky vodivých drah pracím cyklem a sušením.
- 7) Měření a porovnání změn vodivosti po údržbě.

3.1 Rozbor použitých materiálů

Pro šití vodivých drah byly použity dvě vodivé nitě, měděný drátek a stuha se dvěma vodivými lanky. Bližší informace o materiálech jsou uvedeny v následujících tabulkách 3-1 až 3-4. V tabulkách 3-5 a 3-6 jsou parametry použitých textilií. Vzorky jednotlivých materiálů jsou uvedeny v příloze č. 1.

Vzorek 1 – **I-tech 20** – český výrobce

Tabulka 3-1: Popis vzorku 1.

Označení vzorku	I-tech 20
Jemnost	124,5 Tex
Složení	PA / nerez ocel
Zákrut	Z
Návin	200m

Vzorek 2 – **LOT. 40701** – japonský výrobce

Tabulka 3-2: Popis vzorku 2.

Označení vzorku	LOT. 40701
Jemnost	34,3 Tex
Složení	PL /C
Zákrut	Z
Návin	200m

Vzorek 3 – **Měděný lakovaný drát** – švýcarský výrobce

Tabulka 3-3: Popis vzorku 3.

Označení vzorku	Měděný lakovaný drát
Průměr	0,118 mm
Složení	Cu / povrchový lak
Návin	1 x 125 Km

Vzorek 4 – **Gibbon 2005** – švýcarský výrobce

Tabulka 3-4: Popis vzorku 4

Označení vzorku	Gibbon 2005
Rozměry	20 x 0.030 mm
Složení	PL/ Ag
Počet lanek	2

3.2 Měření elektrického odporu u jednotlivých materiálů

Jednotlivá měření elektrického odporu bylo provedeno na měřícím přístroji OMEGA HHM290 True RMS SUPERMETER™ (příloha č. 4) zapůjčeném z laboratoře Komfortu. U materiálů byl před vlastním šitím drah změřen elektrický odpor. Výsledky jsou uvedeny v tab. 3-5.

Měření elektrického odporu

Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.

Hodnota elektrického odporu je dána materiálem, tvarem i teplotou vodiče. Velikost odporu závisí na délce vodiče (přímo úměrně), na obsahu průřezu vodiče (nepřímo úměrně), na látce vodiče (rezistivita) a na teplotě.

Elektrický odpor se označuje **R** a jeho základní jednotkou je 1 **Ohm [Ω]**.

Výpočet elektrického odporu:

$$R = \rho \frac{l}{S} [\Omega], \quad (3.1)$$

ρ ... rezistivita [Ωm], l ... délka vodiče [m]; S ... průřez vodiče [m²]

Elektrická vodivost

Elektrická vodivost je fyzikální veličina, která udává velikost elektrického proudu procházející vodičem při jednotkovém napětí na koncích vodiče.

Elektrická vodivost popisuje schopnost dobře vést elektrický proud. Čím větší je vodivost, tím silnější elektrický proud prochází vodičem při stejném napětí. Dobrý vodič má vysokou hodnotu vodivosti, špatný vodič má nízkou hodnotu vodivosti.

Elektrická vodivost se označuje **G** a její jednotkou je 1 **Siemens [S]**.

Vztah pro elektrickou vodivost:

$$G = \frac{1}{R} [S] \quad (3.2)$$

R ... elektrický odpor [Ω]

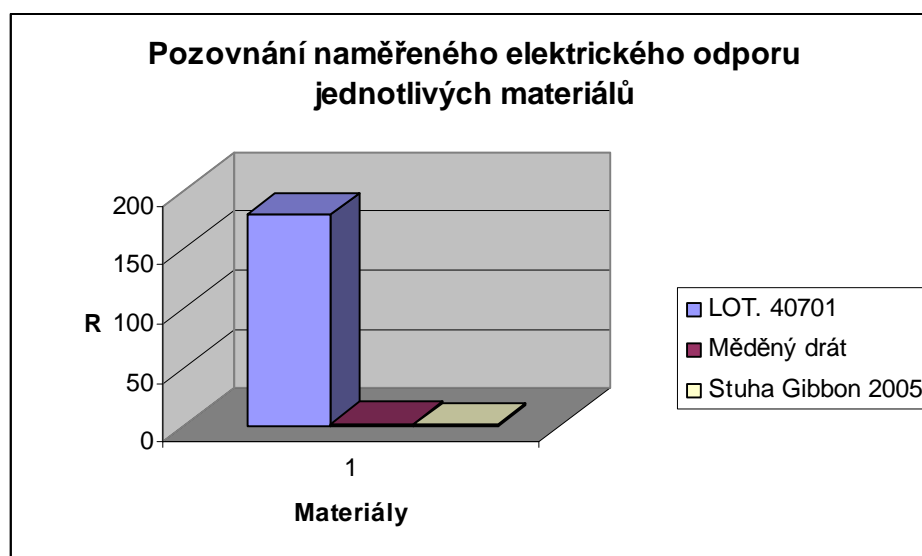
3.2.1 Naměřené hodnoty elektrického odporu

Před šitím vodivých drah byl na jednotlivých vzorcích změřen elektrický odpor vztažený na jednotku délky vodiče R [Ω/m] a dále přepočítán na elektrickou vodivost G [$S \cdot m$], hodnoty jsou uvedeny v tab. 3-5.

Tabulka 3-5: Naměřené hodnoty odporu a elektrické vodivosti jednotlivých materiálů.

Průměrná hodnota	Vodivé materiály							
	I-Tech 20		LOT. 40701		Měděný drát		Stuha - Gibbon2005	
	R [k Ω/m]	G [$S \cdot m$]	R [k Ω/m]	G [$S \cdot m$]	R [Ω/m]	G [$S \cdot m$]	R [Ω/m]	G [$S \cdot m$]
\bar{x}	$R \rightarrow \infty$	$G \rightarrow 0$	178,38	0,006	2,21	0,452	1,375	0,727

Porovnání hodnot elektrického odporu jednotlivých druhů materiálů je uvedeno v Grafu 1.



Graf 1: Porovnání naměřeného el. odporu jednotlivých materiálů.
(Elektrický odpor nitě I-Tech 20 se blíží k nekonečnu, v grafu proto není uveden.)

Nitě I-Tech 20 a LOT. 40701 pro svůj velký elektrický odpor nejsou vhodné k vytvoření vodivých drah určených k přenosu elektrického signálu.

U šicí nitě LOT. 40701 byl dále naměřen elektrický odpor s velkým rozptylem při jednotlivých měřeních, viz příloha č. 3.

Obě nitě však mají dobré šicí vlastnosti a lze s nimi vytvořit dráhy na všech zmíněných strojích s použitím stehů, které jsou uvedeny v následující kapitole 3.2.

Dle naměřených hodnot odporu (tab. 3-5) jsou měděný drát a stuha Gibbon 2005 téměř stejné a oba dva materiály jsou použitelné pro vedení elektrického signálu. Měděným drátem byly vytvořeny dráhy pomocí stehů uvedených v kapitole 3.2.1 v tabulce 3-6.

3.3 Návrh zhotovení elektricky vodivých drah

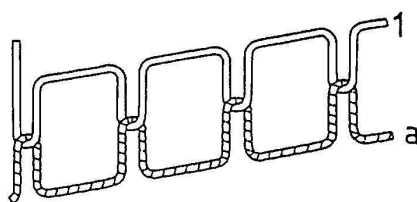
Pro tvorbu vodivých drah byly použity druhy stehů podle ČSN ISO 4915 (800111), stehy třídy 300, 400, 500, 600.

3.3.1 Popis použitých stehů

Třída 300

Ze třídy 300 byl použit dvounitný vázaný **steh 301**.

Steh 301 je tvořen dvěma nitěmi: jednou jehelní nití (1) a jednou spodní nití (a). Smyčka nitě 1 prochází materiálem z jehelní strany a na druhé straně se provazuje s nití a. Nit 1 je tažena zpět tak, že se provázání dostává do středu mezi povrchy sešívajícího materiálu (obr. 3-1), [21].



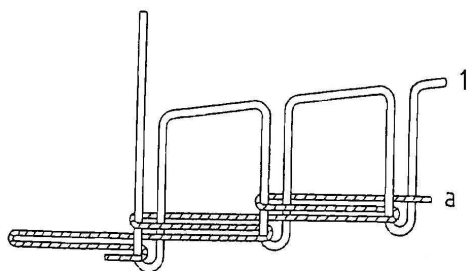
Obrázek 3-1: Steh 301

Třída 400

Ze třídy 400 byly vybrány dva druhy stehů a to **steh 401** – dvounitný řetízkový steh a **steh 406** – spodem krycí dvouřádkový třínitý řetízkový steh.

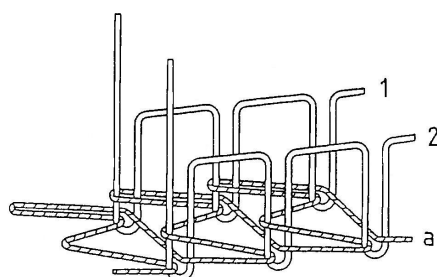
Steh 401 je tvořen dvěma nitěmi: jednou jehelní nití (1) a jednou spodní nití (a). Smyčka nitě 1 prochází materiálem z jehelní strany a na druhé straně jednou smyčkou

nitě *a*. Potom se provazuje s další smyčkou nitě *a*. Provázání jsou přitažena k materiálu (obr. 3-2), [21].



Obrázek 3-2: Steh 401

Steh 406 je tvořen třemi nitěmi: dvěma jehelními nitěmi (*1* a *2*) a jednou spodní nití (*a*). Smyčky nití *1* a *2* procházejí materiálem z jehelní strany a na druhé straně dvěma oddělenými smyčkami nitě *a*. Potom se provazují s další smyčkou nitě *a*. Provázání jsou přitažena k materiálu (obr. 3-3), [21].

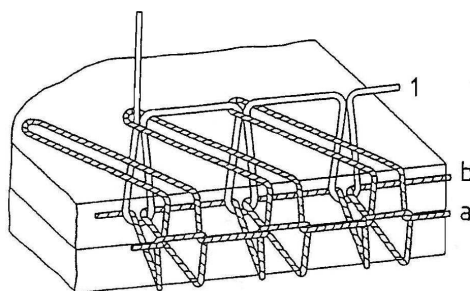


Obrázek 3-3: Steh 406

Třída 500

Za třídu 500 byl vybrán **steh 504** – třínitný obnitkovací steh.

Steh 504 je tvořen třemi nitěmi: jednou jehelní nití (*1*) a dvěma spodními nitěmi (*a* a *b*). Smyčka nitě *1* prochází smyčkou nitě *a*, která je již položena napříč jehelní strany materiálu, a dále prochází materiálem. Smyčka nitě *1* se v místě vynoření na druhé straně materiálu provazuje se smyčkou nitě *b*. Smyčka nitě *b* je vedena k okraji materiálu, kde se provazuje s další smyčkou nitě *a*. Smyčka nitě je z tohoto provázání protažena k místu následujícího vpichu jehly (obr. 3-4), [21].

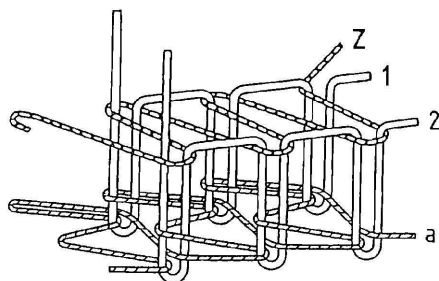


Obrázek 3-4: Steh 504

Třída 600

Z třídy 600 byl vybrán **steh 602** – oboustranně krycí třínitý řetízkový steh.

Steh 602 je tvořen čtyřmi nitěmi: dvěma jehelními nitěmi (1 a 2), jednou spodní nití (a) a jednou krycí nití (Z). Smyčky nití 1 a 2 procházejí smyčkami nitě Z, které jsou již položeny napříč jehelní strany materiálu, dále procházejí materiálem a dvěma oddělenými smyčkami nitě a. Potom se provazují s další smyčkou nitě a a provázání jsou přitažena k materiálu (obr. 3-5), [21].



Obrázek 3-5: Steh 602

3.3.2 Zhotovení elektricky vodivých drah

Pro zhotovení elektricky vodivých drah byly použity materiály uvedené v tabulkách 3-1 až 3-4 nebo v příloze č. 1. Dráhy byly vytvořeny na plochém jednojehlovém šicím stroji s vázaným stehem, na čtyřnitném obnitkovacím šicím stroji s ořezem a na plochém šicím stroji se spodem a vrchem krycím stehem. Všechny tyto stroje jsou od výrobce SIRUBA a jejich parametry jsou uvedeny v příloze č. 2.

1) Vodivé šicí nitě

Vodivými šicími nitěmi bylo možno vytvořit všechny druhy již zmíněných stehů. Pro velký měrný odpor, který je uveden v tabulce 3-1, bylo určeno, že jsou pro přenos signálu nevyhovující, tudíž do dalšího experimentu již nebyly zařazeny.

2) Měděný drát

Měděným drátem bylo možno vytvořit vodivé dráhy pomocí stehů, které jsou uvedeny v kapitole 3.2 a dále více vysvětleny v následujícím textu. Znázorněny jsou v tabulce 3-6.

Steh 301 - U dvounitného vázaného stehu byl měděný drát navinut na cívku spodní nitě. Pro vrchní nit byla použita 100% bavlněná nit, jelikož by u měděného drátu při průchodu mnoha vodiči, napínači a ouškem jehly docházelo k velkému tření a tím i k velkému zahřívání. Steh znázorněný v tabulce 3-6, na obr. 3-6 je vyfocena rubní strana vzorku.



Obrázek 3-6: Vytvořená vodivá dráha pomocí vázaného stehu – rubní strana

Steh 406 - Tento steh tvoří dvě bavlněné nitě, které jsou vedeny do jehel a jedním měděným drátem, který je naveden do smyčkovače. Opět z důvodů tření a zahřívání bylo zamítnuto vedení do jehel. Tento steh byl použit na textilií i pleteninu. Před šitím bylo nutno povolit napínače nitě tam, kde procházel drát. Viz tabulka 3-6 a obrázek 3-7.



Obrázek 3-7: Vodivá dráha vytvořená stehem 406

Steh 504 - Tento steh patří do skupiny obnitkovacích stehů. Vodivou dráhu tvoří dvě bavlněné nitě a jeden měděný drát. Měděný drát byl použit místo nitě a znázorněné v tabulce 3-6 a na obrázku 3-8.



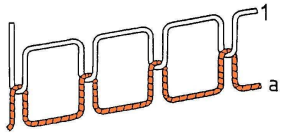
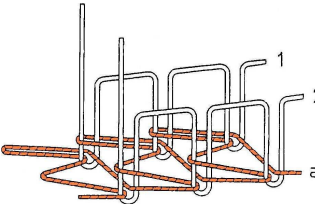
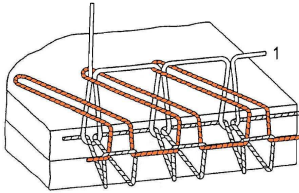
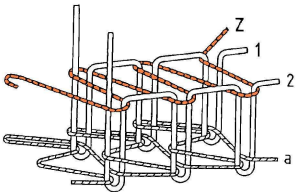
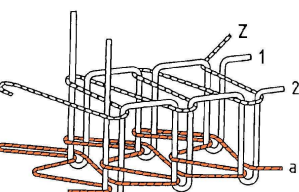
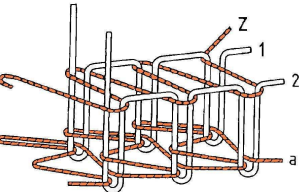
Obrázek 3-8: Vodivá dráha vytvořená stehem 504

Steh 602 - U stehu 602 bylo možno použít měděný drát místo vrchní nebo spodní krycí nitě, ale i zároveň místo vrchní i spodní nitě. Zbývající nitě doplňovaly bavlněné nitě (obr. 3-9).



Obrázek 3-9: Vodivá dráha vytvořená stehem 602

Tabulka 3-6: Tvorba vodivých drah měděným drátem

Druh použitého šitého materiálu + popsání stehu	Steh	Ukázka stehu	Aplikace na oděvu
Tkanina. Místo spodní nitě <i>a</i> byl použit měděný drát.	301		Sešívání dílů, ozdobné prošití.
Tkanina, pletenina. Vedení měděného drátu je znázorněno nití <i>a</i> .	406		Začištění dílů v ploše, ozdobné prošití švů.
Tkanina, pletenina. Měděný drát je znázorněn dráhou označenou písmenem <i>a</i> .	504		Začištění okrajů dílu.
Tkanina, pletenina. Místo krycí nitě <i>Z</i> je veden měděný drát.	602		Začištění dolních krajů, ozdobné prošití švů.
Tkanina, pletenina. Znázorněná krycí nit <i>a</i> představuje vedení měděného drátu.	602		Začištění dolních krajů, ozdobné prošití švů.
Tkanina, pletenina. Měděný drát je použit místo vrchní krycí nitě <i>Z</i> a spodní krycí nitě <i>a</i> .	602		Začištění dolních krajů, ozdobné prošití švů.

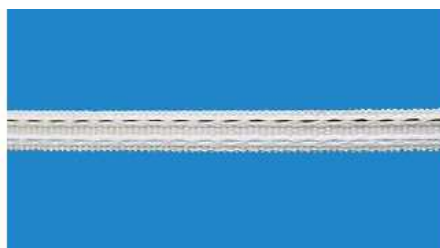
3) Dráha vytvořená stuhou - Gibbon 2005

Tento způsob vyvinula firma Applycon, s.r.o. sídlící v Plzni. Tato firma vytváří samostatné obvody, ty následně dodává firmám, které šijí oděvy s elektronikou.

Tato dráha má vodivá vlákna ve dvou drahách uvnitř stuhy - znázorněna na obr. 3-10 a na obr. 3-11. Na povrchu barevná vlákna znázorňují procházející vodivé dráhy ve stuze. Stuhu lze prošíť středem mezi jednotlivými svazky vodivých vláken, nebo ji lze několika poutky přichytit v oděvu.



Obrázek 3-10: Řez stuhou Gibbon 2005



Obrázek 3-11: Stuha Gibbon 2005

3.4 Ukončení elektricky vodivých drah

Vytvořené dráhy je nutné ukončit, aby je bylo možné použít k přenosu elektrického signálu.

Firma APPLYCON vyvinula způsob ukončení a propojení pomocí druků (narážecích patentů). Tato firma používá druky k ukončení stuhy Gibbon 2005. Podle této firmy bylo provedeno i ukončení vodivých drah z měděného drátu.

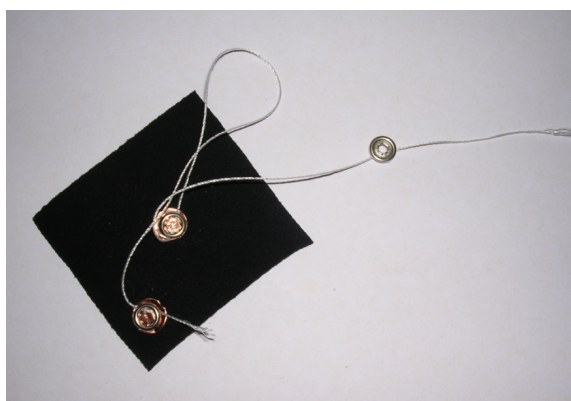
Na obr. 3-12 jsou znázorněny použité druky a jejich části.



3.4.1 Ukončení vodivých nití

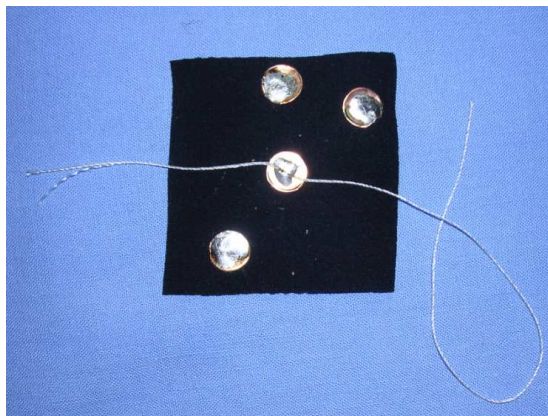
Ukončení vodivých šicích nití bylo zkoušeno pomocí nárazecích druků s pomocí firmy Applycon.

Zpočátku bylo vyzkoušeno pouze naražení druku na jednoduchou nit (obr. 3-13). Tento způsob však nevyhovoval, neboť nit v druku prokluzovala a nebylo by možné tyto druky používat. Dále byla vytvořena možnost naražení druku přes látku. Mezi materiál a vodivou nit byla nalepena měděná samolepící páska. Tento způsob se ukázal také jako nevhodný, a to pro nedostatečný kontakt mezi nití a drukem (obr. 3-13).



Obrázek 3-13: Ukázka možnosti ukončení nití

Na následujícím obr. 3-14 je znázorněn třetí způsob odzkoušení ukončení vodivých šicích nití - napájení nitě na měděnou samolepící pásku nalepenou na vrchový materiál. Tento způsob byl vyhodnocen také jako nevyhovující, jelikož se nitě teplotou přepalovaly a vyvstávaly nad cín.



Obrázek 3-14: Ukončení šicích vodivých nití pomocí pájení

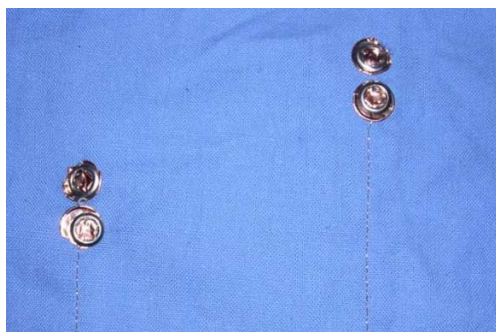
3.4.2 Ukončení měděného drátu

Zakončení bylo zkoušeno dvěma způsoby:

1) Drátek zachycen při narážení duku

Nejprve se na vrchový materiál nalepila měděná samolepící páska a poté se narazil pomocí ručního přístroje druk, kterým byl zachycen vložený drátek (obr. 3-15).

U tohoto způsobu bylo obtížné určit, jak moc by měly být dvě části duku k sobě přitlačeny, aby vložený drátek byl dostatečně zachycen a zároveň nebyl přerušen ostrou hranou spodní části duku.

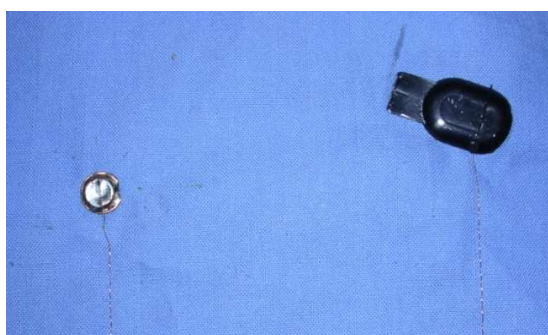


Obrázek 3-15: První způsob ukončení měděného drátu

2) Drátek připájený na již naražený druk

Na konec ušité dráhy se opět nalepila samolepící měděná folie, na kterou se narazil druk a pomocí pájky se připevnil drátek ke druku. Drátek jsme ještě před pájením zbavili izolační vrstvy v cínové lázni nebo opálením.

Tento způsob se ukázal jako vhodný. Drátek nebyl přerušen ani jiným způsobem poškozen. Na pájenou stranu se pomocí tavné pistole a formy zalil spoj (obr. 3-16). Toto zatavení je vhodné pro opakované používání spojů a zároveň plní estetickou funkci na oděvu či výrobku. Je trvanlivé, odolné vůči praní, chemickému čištění a odolné proti vytrhnutí z vrchového materiálu.

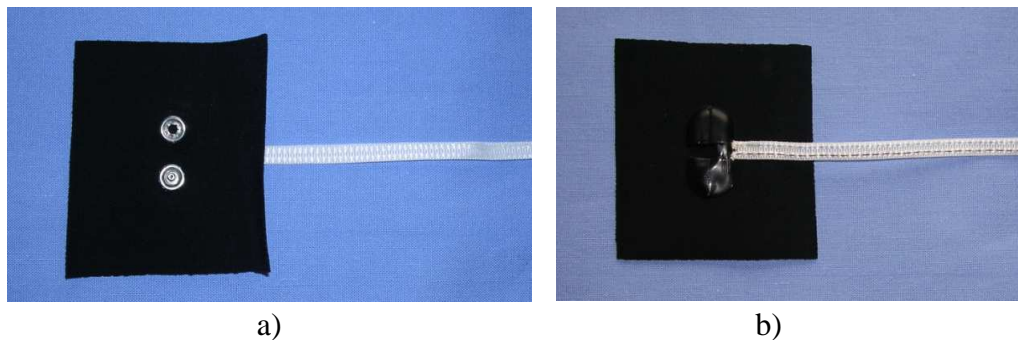


Obrázek 3-16: Druhý způsob ukončení měděného drátku

3.4.3 Ukončení stuhy Gibbon 2005

Propojovací patentové spoje se vytvářejí na čtverečku materiálu, který se při výrobě oděvů našije na výrobek podle potřeby. Firma pro tento podkladový materiál používá neopren, který je pevný a zároveň pružný a umožňuje vyrovnat malé nepřesnosti při narážení druku ve výrobě.

Stuha se nejprve ponoří do cínové lázně, ve které se rozpustí textilní vrstva stuhy a zároveň se svazek kovových vláken spojí tak, aby bylo možno vytvořit zakončení. Na neoprenový materiál je nalepená měděná páska, na niž se narazí druk. Následně se na tento druk připájejí připravené konce stuhy. Aby byl spoj odolný proti mechanickému namáhání, praní a chemickému čištění, je tento patent na straně pájení zataven pomocí tavné pistole a forem, které vytvoří požadovaný tvar a zároveň estetický vzhled (obr. 3-17 b).



Obrázek 3-17: Ukázka ukončení stuhy Gibbon 2005, a) spodní strana druku, b) vrchní strana, ukončení druku

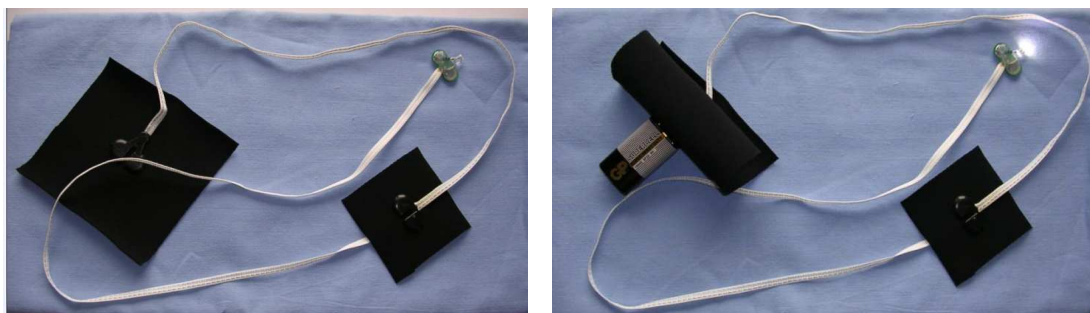
3.5 Návrh zhotovení aplikace vodivé dráhy na výrobku

Zhotovení vodivé dráhy ve výrobku bylo vytvořeno dvěma způsoby.

- 1) Pomocí stuhy Gibbon 2005,
- 2) pomocí měděného drátu.

3.5.1 Stuha Gibbon 2005

S pomocí firmy Applycon byl vytvořen obvod, který tvořila 9V baterie, stuha Gibbon 2005 a LED dioda. Stuhu je možno připevnit do oděvu poutky nebo prošitím ve středu mezi kovovými vlákny. Vkládá se mezi dva materiály (vrchní a podšívkový materiál). Tato dráha může vést jakoukoli částí (podšitého) oděvu (např. rukávem, předním dílem), aniž by ovlivňovala vnější vzhled oděvu. Obvod vytvořený ze stuhy je na obr. 3-18.

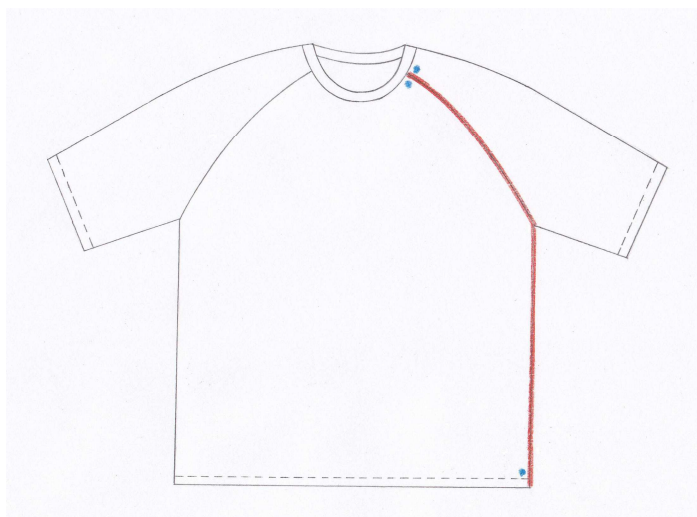


Obrázek 3-18: Obvod vytvořený ze stuhy Gibbon 2005

3.5.2 Měděný drát

Další návrh realizace elektricky vodivé dráhy byl zhotoven na tričku s klínovým rukávem. Tričko bylo vyrobeno na strojích katedry Oděvnictví, materiál a střih dodala firma TEXTILDESIGN, s.r.o., Liberec.

Při návrhu vedení vodivé dráhy oděvem bylo nutné vzít v úvahu opakované ohýbání a namáhání měděného drátu. Proto bylo zvoleno vedení elektricky vodivé dráhy švem pomocí **stehu 602** – spodem a vrchem krycím (kap. 3.2). Místo spodní a vrchní krycí nitě byl použit měděný drát, který představoval dvě vodivé dráhy. Jednu na lící straně a druhou na rubní straně výrobku. Vedení vodivé dráhy na oděvu je znázorněno na obr. 3-19. Červená dráha znázorňuje vedení vodivé dráhy oděvem, modré body znázorňují ukončení vodivé dráhy narážecími druky.



Obrázek 3-19: Znázorněné vedení vodivé dráhy na tričku – technický náčrtek

Podle návrhu bylo ušito tričko, na kterém byla vytvořena vodivá dráha na stroji SIRUBA F007J-W122-356/FHA. Vede od dolního kraje přes boční šev až k průkrčníkovému kraji (obr.3-20). Na obou koncích vytvořené dráhy bylo vytvořeno zakončení narážecími druky (obr.3-21). Místo pro naražení druků bylo zpevněno výztužnou vložkou, aby se zabránilo vytržení druků při opakovaném zapínání (obr. 3-22).



Obrázek 3-20: Ušité triko – dráha + ukončení

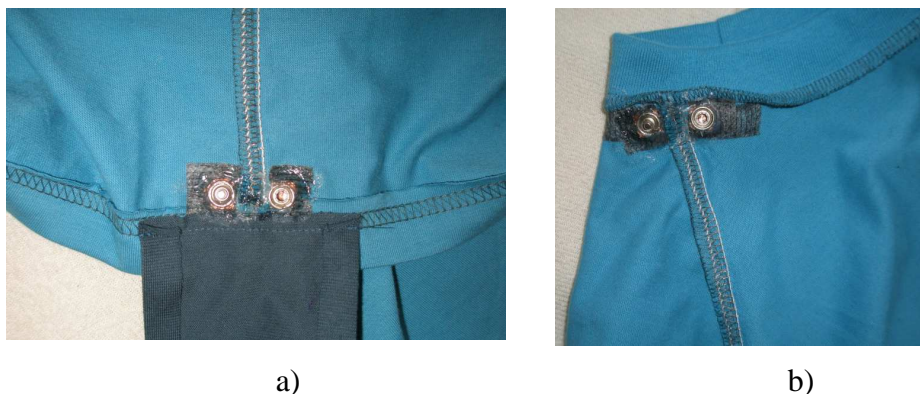


a)



b)

Obrázek 3-21: Detail ukončení: a) dolní kraj, b) průkrčníkový kraj



Obrázek 3-22: Detail zpevnění pod druky z rubu: a) dolní kraj, b) průkrčníkový kraj

Na tričko byly vytvořeny dva možné výstupy, sluchátka a LED dioda.

1) Sluchátka

K vytvoření obvodu se sluchátky bylo zapotřebí vytvořit ukončení s konektory 3,5 jack, které slouží k připojení sluchátek a MP3 přehrávače k vodivé dráze trička (obr. 3-23 a obr. 3-24). Konektor byl zakončen proti-druků na pružence, která vyrovnala mírné nepřesnosti vzdáleností naražených druků na triku. Sluchátka a MP3 přehrávač se zakončenými konektory jsou znázorněny na obr. 3-25. Další znázornění v příloze č.5.



Obrázek 3-23: Sluchátka s ukončeným konektorem



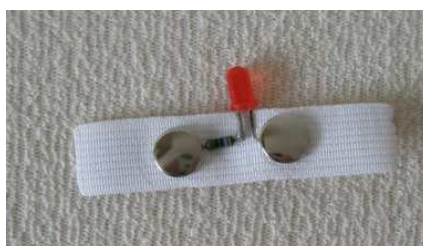
Obrázek 3-24: MP3 přehrávač s ukončeným konektorem



Obrázek 3-25: Připojená sluchátka a MP3 přehrávač na tričku

2) LED dioda

Vytvořený obvod s LED diodou byl použit stejně jako obvod se sluchátky. Do spodního kraje byla zapojena 9V baterie a do průkrčníkového kraje bylo možné zapojit LED diodu. Zakončení bylo opět vytvořeno tak, aby bylo možné vyrovnat malé odchylky vzdáleností mezi jednotlivými druhy – naražení na pruženku (obr. 3-26, obr. 3-27). K LED diodě je navíc napájen předřadný odpor ($R = 470 \Omega$), který omezuje elektrický proud obvodu na 20 mA. Na obr. 3-28 je zapojený obvod s LED diodou a 9V baterií.



Obrázek 3-26: Ukončená LED dioda na pružence



Obrázek 3-27: Ukončená baterie na pružence



Obrázek 3-28: Zapojený obvod s LED diodou a baterií

V dolním kraji z rubní strany, byla našita kapsa, která plní funkci zakrytí a udržení MP3 přehrávače či baterie. Kapsa byla přišita pouze z jedné strany pro snadné zapojení MP3 přehrávače nebo baterie. Na zbylé dvě strany byl přišit suchý zip (velcro pásek) (obr. 3-29).



Obrázek 3-29: Kapsa v dolním kraji – zapínaná suchým zipem

3.6 Údržba elektricky vodivých drah pracím cyklem a sušením

Praní bylo prováděno v automatické pračce SAMSUNG WF-F1062 (příloha č. 4), mezi praním byly vzorky sušeny v sušičce MEMMERT UM 500 (příloha č. 4).

Podstatou zkoušky bylo určit, zda údržba oděvů (praní, sušení) má vliv na změnu elektrického odporu u vytvořených vodivých drah a zároveň zjistit, zda mohou být tyto dráhy použity na oděvy pro běžné nošení. Prací cyklus napodoboval domácí praní oděvů.

3.6.1 Používané přístroje při údržbě

Automatická pračka SAMSUNG WF-F1062

Vytvořené vzorky byly podrobeny pěti pracím cyklům, při kterých byl použit stejný prací program a stejné dávkování běžného pracího prášku. Byl zvolen rychlý program trvající 28 min., při teplotě 30°C a rychlost odstředování byla zvolena 1000 ot/min. Parametry automatické pračky jsou uvedeny v příloze č. 4.

Sušička MEMMERT UM 500

Mezi pracími cykly byly vzorky sušeny v sušičce. Teplota byla nastavena na 60°C, proud vzduchu byl zvolen na stupnici od 0 do 6 na stupeň 2. Stejná hmotnost vzorku před praním a po sušení určila dobu sušení, která byla stanovena na 20 minut. Další parametry sušičky jsou uvedeny v příloze č. 4.

3.7 Měření a porovnání změn elektrického odporu po údržbě

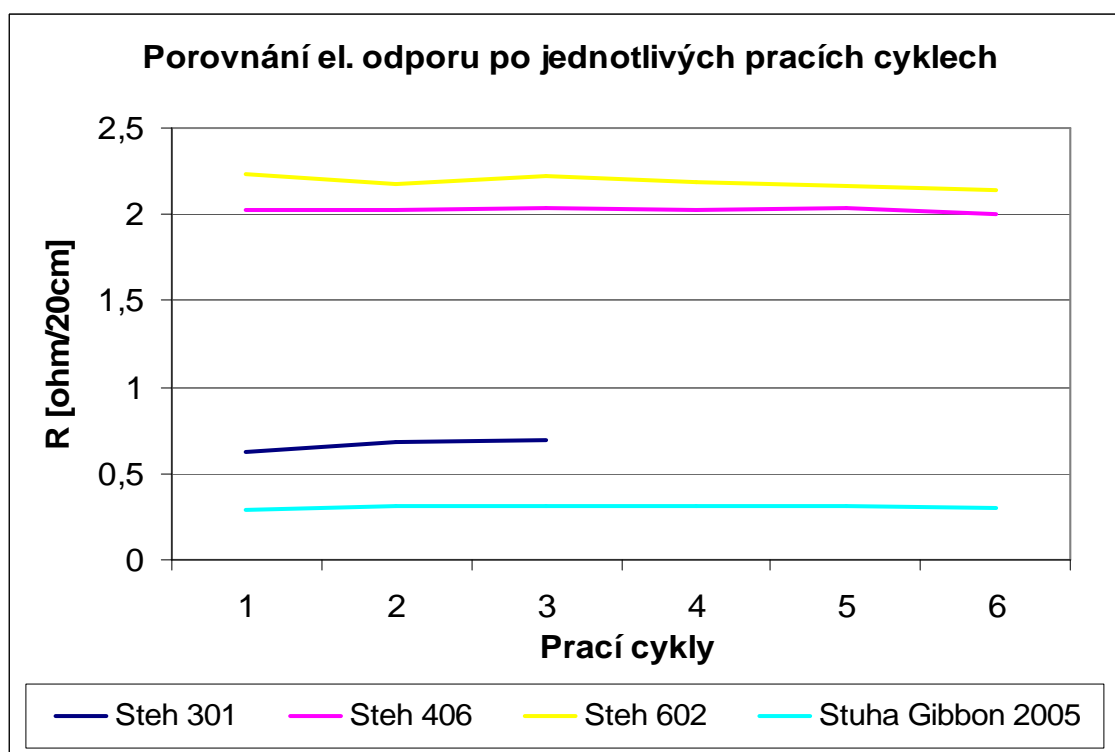
Měření elektrického odporu na vytvořených a ukončených drahách bylo realizováno přístrojem multimetr **OMEGA HHM290 True RMS SUPERMETER™** pomocí měřících hrotů (příloha č. 4). Měřící hroty byly přiloženy k naraženým drukům, které ukončovaly vodivou dráhu. Podrobnosti o přístroji jsou uvedeny v příloze č. 4.

Průměrné hodnoty odporu **R** a přepočítané vodivosti **G** jednotlivých drah rozdělených podle druhu stehu jsou uvedeny v tabulce 3-7. Odpor a vodivost se vždy vztahuje k jednotce délky ušitého stehu, v našem případě k 20 cm stehu. Každý steh spotřebuje různou délku šicího materiálu. Na vytvořených vzorcích bylo prováděno měření přes vytvořené ukončení (narážecí druky) měřícími hroty na nevodivé podložce. Odpor byl měřen před pracím cyklem i mezi jednotlivými cykly (tab.3-7). Hodnoty vodivosti byly přepočítány (tab.3-7).

Změny elektrického odporu byly porovnány s původními naměřenými hodnotami. Průměrné hodnoty vodivosti jsou znázorněny v grafu, který je uveden pod tabulkou 3-7. Jednotlivá měření a statistická vyhodnocení (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, variační koeficient) jsou uvedena v příloze č. 3.

Tabulka 3-7: Průměrné hodnoty naměřeného odporu a přepočítané hodnoty vodivosti u jednotlivých drah.

Cyklus praní	Steh 301		Steh 406		Steh 602		Stuha Gibbon 2005	
	R [Ω/20cm]	G [S.20cm]	R [Ω/20cm]	G [S.20cm]	R [Ω/20cm]	G [S.20cm]	R [Ω/20cm]	G [S.20cm]
0.	0,63	1,587	2,03	0,492	2,23	0,448	0,295	3,389
1.	0,68	1,470	2,02	0,495	2,18	0,458	0,31	3,225
2.	0,69	1,492	2,04	0,490	2,22	0,450	0,315	3,174
3.	steh přerušen		2,02	0,495	2,19	0,456	0,311	3,215
4.			2,04	0,490	2,17	0,460	0,315	3,174
5.			2,00	0,500	2,14	0,467	0,305	3,278



Graf 2: Průměrné hodnoty naměřených odporů u vytvořených drah mezi pracími cykly.

Z uvedených hodnot naměřeného elektrického odporu na jednotku délky 20 cm ušitého stehu, viz tabulka 3-7, je zřejmé, že se elektrický odpor na vytvořených drahách údržbou praním a sušením výrazně nemění. Hodnoty elektrického odporu i elektrické vodivosti mohou být považovány za stále stejné.

U vázaného stehu 301 došlo při prvním pracím cyklu k přerušení vodivé dráhy jednoho vzorku. U třetího pracího cyklu došlo k přerušení dráhy na několika místech i u dalšího vzorku.

U stehu 602 - vrchem krycí - došlo k přerušení dráhy u jednoho vzorku po třetím praní v místě ukončení dráhy.

Ostatní vytvořené dráhy na vzorcích vydržely všechny prací cykly.

Závěr

Diplomová práce byla zpracována na téma „Šití vodivých drah u funkčních oděvů“.

Teoretická část práce se zaměřuje na vysvětlení pojmu inteligentní textilie a jejich využití v oděvnictví. Dále jsou zde uvedeny možnosti snímání různých veličin těmito oděvy (například srdečního tepu apod.) a v závěru této části jsou uvedeny materiály, které se pro tyto textilie a oděvy používají.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na šití vodivých drah různými materiály a to dvěma šicími nitěmi, měděným drátem a stuhou, která má v sobě zatkané dvě dráhy ze stříbrných vláken. Vytvořené dráhy byly ukončeny kovovými druky, aby se daly využít k přenosu elektrického signálu. Dále jsem zhotovila triko, na kterém je aplikována vodivá dráha pomocí měděného drátu. Provedla jsem a vyhodnotila měření elektrického odporu jednotlivých materiálů a vytvořených vodivých drah před i po údržbě praním.

Vodivé nitě I-Tech 20 a LOT. 40701 mohou být použity dle mých závěrů pro všechny zvolené stehy zmíněné v této práci. Tyto nitě však po změření elektrického odporu nebyly dále používány pro další experiment. Elektrický odpor u nitě I-Tech 20 nebylo možno přístroji naměřit, protože se její odpor blíží k nekonečnu a u šicí nitě LOT. 40701 byl naměřen velký odpor, který se pohyboval řádově v k Ω . Tyto nitě by bylo možno použít k odvodu elektrostatického náboje.

Měděným drátem byly vytvořeny dráhy pomocí uvedených stehů v experimentální části s tím, že drát se použil pouze místo některých nití z důvodu přetrhavosti drátu při šití. Vytvořené dráhy bylo potřeba ukončit narážecími druky, které plní funkci rozebíratelného spoje vodivých drah s elektronickými součástkami.

Dráhu vytvořenou pomocí stuhy lze v oděvu pouze přichytit pomocí několika poutek, či stuhu prošít středem mezi vodivými dráhami ve stuze. Obvod vytvořený stuhou je vhodný k výrobě svrchních oděvů, do nichž by se stuha vkládala mezi dva materiály, např. mezi vrchní materiál a podšívku, aby nedocházelo k zachycování stuhy při oblékání a pohybu.

Dalším bodem experimentální části bylo odzkoušet vodivé dráhy. Bylo vytvořeno triko s klínovým rukávem, kde dvě elektricky vodivé dráhy kopírovaly boční šev a šev klínu rukávu. Dráhy byly ušity stehem třídy 600 - 602 spodem i vrchem

krycím. Ke spodní dráze se připojuje záporná polarita (mínus) k vrchní kladná polarita (plus) elektrického signálu. Přes tyto vodivé dráhy pak můžeme napájet sluchátka z MP3 přehrávače, popřípadě LED diodu z 9V baterie.

Pro odzkoušení bylo zhotoveno ukončení konektorů, které byly připnuty protidruky k vodivé dráze na tričku, k nimž se připojila na jedné straně sluchátka, na druhé MP3 přehrávač. Konektory byly ukončeny na pružence z důvodu vyrovnání nepřesností při narážení druku. Obdobným způsobem jako ukončení konektorů se vytvořilo i ukončení LED diody a baterie.

Na jednotlivých vzorcích vytvořených drah se daly pozorovat změny naměřeného elektrického odporu po údržbě praním a sušením. Měření elektrického odporu bylo provedeno multimetrem OMEGA HHM 290 s měřicími hroty, které byly přikládány k ukončeným drahám. Z naměřených hodnot lze konstatovat, že údržba praním a sušením nemá vliv na měřený odpor měděného drátu ani stuhly. Pouze u drátu došlo ve dvou případech u vázaného stehu k přerušení dráhy při pracím cyklu.

Na základě zjištěných výsledků usuzuji, že stuhu lze považovat za vhodnou do běžných oděvních výrobků. U měděného drátu ještě navrhuji odzkoušení trvanlivosti vodivých drah v ohybu, které by simulovalo běžné nošení oděvu. Dále by bylo vhodné se zamyslet nad problematikou způsobu zakončení konektorů a jejich miniaturizace.

Literatura

- [1] *Intelligence*, URL: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Intelligence>> [cit. 2009-1-20].
- [2] *Umělá inteligence*, URL: <<http://www.volny.cz/habiballa/publ/umint.pdf>> [cit.2009-1-20].
- [3] Solar Ski Jacket, URL: <http://www.zegna.com/iconproducts/solarski/pdf/SolarJKT_en.pdf> [cit. 2008-12-12].
- [4] *The state-of-art Smart Textiles*, URL: <<http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>> [cit. 2008-10-15].
- [5] *Co jsou smart textile*, URL: <http://www.enviweb.cz/?env=havarie_archiv_gijeg/Co_to_jsou_smart_textilie.html> [cit. 2008-10-15].
- [6] HES, L., SLUKA, P.: Úvod do komfortu textilií, 109 s., Technická univerzita v Liberci, 2005, ISBN 80-7083-926-0.
- [7] *V Plzni vyrábějí chytré oblečení*, URL: <http://technet.idnes.cz/v-plzni-vyrabeji-chytre-obleceni-umi-volat-i-nabijet-fy9-/tec_technika.asp?c=A080617_144151_tec_technika_vse> [cit. 2008-10-15].
- [8] „mp3blue“ MP3 Jacket from Rosner, URL: <<http://www.mobilemag.com/content/100/342/C3051/>> [cit. 2008-5-11].
- [9] Současný stav v oboru inteligentních a interaktivních textilií: Projekt Cofinance Par L'UNION Europeenne, MATEO, Nord Est SUD Quest INTERREG IIIC
- [10] URL: <<http://www.sensatex.com/>> [cit. 2008-10-15].
- [11] LINTI, C., HORTER, H., OSTERREICHER, P.: et al., Int. Workshop on Wearable And Implantable, *Body Sensor Networks, Proceeding*, 2006, 135-137.
- [12] *LiveShirt Technology*, URL: <<http://www.vivometrics.com/lifeshirt/lifeshirt-technology>> [cit. 2008-12-25].
- [13] MILITKÝ, J.: *Intelligentní textilie – realita, nebo fikce?* Česká hlava a svět vědy. č.7., 2003, str. 23 – 26., URL: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/intelligentni_textilie.pdf> [cit. 2009-1-15].
- [14] FLEGLOVÁ, Z.: Zpracovatelské a užité vlastnosti oděvních materiálů – počítačová verze, přednáška [cit. 2009-1-15].
- [16] SPLÍTKOVÁ, J., *Intelligentní oděvy*, URL: <http://pubweb.ihned.cz/c6-10152970-23232345-201400_d-intelligentni-odevy> [cit. 2009-1-16].

- [17] Textilní zpravodaj, červenec 2008, 2. číslo, II.ročník, URL: <http://www.textil.cz/data/VIST/Zpravodaj_2_2008.pdf?PHPSESSID=9bab3e0c7fde0b78d23f42b4f73215f2> [cit. 2008-12-16].
- [18] *Uhlíkové vlákno*, URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno>[cit. 2009-1-20].
- [19] MUSIL, V. : Trendy v elektronických součástkách, *další zmenšování rozměrů unipolárních tranzistorů*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky, URL: <<http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2007/08/Musil.pdf>> [cit. 2009-1-20].
- [20] MILITKÝ, J.: Textilní vlákna, speciální vlákna, Technická univerzita v Liberci, 2005, str.245, ISBN 80-7083-892-2
- [21] ČSN ISO 4915, Druhy stehů, *Třídění a terminologie*, 1994
- [22] FAJT, V. a kol.: *Elektrická měření*, 1987 Praha, STNL, ISBN: 04-529-87; vydání první.
- [23] MAZZOLDI, A., D. de ROSSI, LORUSSI, F, SCILINGO, E. S., PARADISO, R. : Autex research, *Journal*, 2002, 2 (4), 199-203.
- [24] <<http://www.amann.com>> [cit. 2009-1-25]

Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh

A. Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Ukázka mikrofону a ovládací klávesnice u bundy „mp3blue“ od firmy Rosner [7], [8].....	17
Obrázek 1-2: Vlevo - Košile GWDT institutu Georgia Tech, vpravo - Inteligentní košile Sensatex [9].....	18
Obrázek 1-3: Elektronická podprsenka [9].....	20
Obrázek 1-4: Dětská vesta s čidly (výrobek ITV) [9].	20
Obrázek 1-5: Vlevo Life Shirt, vpravo schéma fungování Life Shirt [12].....	21
Obrázek 1-6: Elektronické plavky schopné ukazovat stav ultrafialového záření a dobu opalování [9].	221
Obrázek 1-7: Odepínací límec se solárními články [3].	221
Obrázek 1-8: Příklady využití solárních panelů na textilních podkladech [9].	22
Obrázek 1-9: Příklady vodivých přízí a kapalných barviv (inkoustů) užívaných v textiliích [9].....	27
Obrázek 2-1: Příklady vodivých přízí a kapalných barviv (inkoustů) užívaných v textiliích [9].....	28
Obrázek 2-2: Příklady textilních klávesnic [9].	29
Obrázek 2-3: Vlákno pod mikroskopem [17].	30
Obrázek 2-4: Uhlíkové vlákno o průměru 6 μm v porovnání s lidským vlasem [18]. ...	31
Obrázek 3-1: Steh 301	37
Obrázek 3-2: Steh 401	38
Obrázek 3-3: Steh 406	38
Obrázek 3-4: Steh 504	39
Obrázek 3-5: Steh 602	39
Obrázek 3-6: Vytvořená vodivá dráha pomocí vázaného stehu – rubní strana	40
Obrázek 3-7: Vodivá dráha vytvořená stehem 406	41
Obrázek 3-8: Vodivá dráha vytvořená stehem 504	41
Obrázek 3-9: Vodivá dráha vytvořená stehem 602	41
Obrázek 3-10: Řez stuhou Gibbon 2005.....	43
Obrázek 3-11: Stuha Gibbon 2005	43
Obrázek 3-12: Znázorněné části druku	44
Obrázek 3-13: Ukázka možnosti ukončení nití.....	44

Obrázek 3-14: Ukončení šicích vodivých nití pomocí pájení.....	45
Obrázek 3-15: První způsob ukončení měděného drátku	45
Obrázek 3-16: Druhý způsob ukončení měděného drátku.....	46
Obrázek 3-17: Ukázka ukončení stuhy Gibbon 2005, a) spodní strana druku,	47
Obrázek 3-18: Obvod vytvořený ze stuhy Gibbon 2005	47
Obrázek 3-19: Znázorněné vedení vodivé dráhy na tričku – technický nákres.....	48
Obrázek 3-20: Ušité triko – dráha + ukončení.....	49
Obrázek 3-21: Detail ukončení: a) dolní kraj, b) průkrčníkový kraj	49
Obrázek 3-22: Detail zpevnění pod druky z rubu: a) dolní kraj, b) průkrčníkový kraj ..	50
Obrázek 3-23: Sluchátka s ukončeným konektorem	50
Obrázek 3-24: MP3 přehrávač s ukončeným konektorem.....	50
Obrázek 3-25: Připojená sluchátka a MP3 přehrávač na tričku.....	51
Obrázek 3-26: Ukončená LED dioda na pružence	51
Obrázek 3-27: Ukončená baterie na pružence	51
Obrázek 3-28: Zapojený obvod s LED diodou a baterií	52
Obrázek 3-29: Kapsa v dolním kraji – zapínaná suchým zipem	52

B. Seznam tabulek

Tabulka 3-1: Popis vzorku 1.....	34
Tabulka 3-2: Popis vzorku 2.....	34
Tabulka 3-3: Popis vzorku 3.....	34
Tabulka 3-4: Popis vzorku 4.....	34
Tabulka 3-5: Naměřené hodnoty odporu a elektrické vodivosti jednotlivých materiálů	36
Tabulka 3-6: Tvorba vodivých drah měděným drátem	42
Tabulka 3-7: Průměrné hodnoty naměřeného odporu a přepočítané hodnoty vodivosti u jednotlivých drah.	54

C. Seznam grafů

Graf 1: Porovnání naměřeného el. odporu jednotlivých materiálů.....	36
Graf 2: Průměrné hodnoty naměřených odporu u vytvořených drah mezi pracími cykly	55

D. Seznam příloh

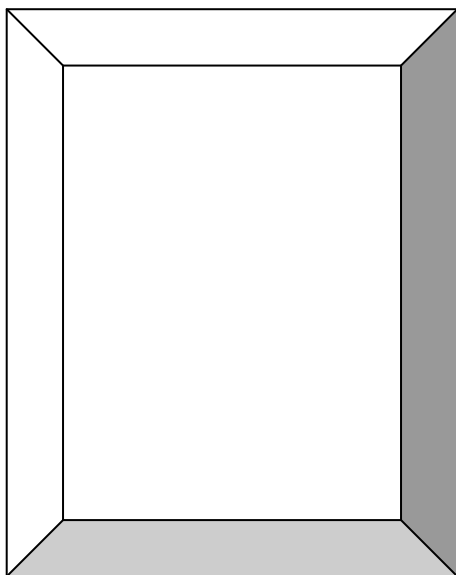
PŘÍLOHA č. 1: Vzorky použitých materiálů	5 listů
PŘÍLOHA č. 2: Použité šicí stroje	3 listy
PŘÍLOHA č. 3: Naměřené hodnoty el. odporu u LOT. 4071, měděného drátu a stuhy Gibbon 2005	2 listy
PŘÍLOHA č. 4: Použité přístroje pro měření elektrického odporu	3 listy
PŘÍLOHA č. 5: Ukázka ukončení konektorů	2 listy

PŘÍLOHA

PŘÍLOHA č. 1

Vzorky použitých materiálů

Materiál – I-Tech 20



Typ materiálu: šicí nit

Materiálové složení: PAD / nerez ocel

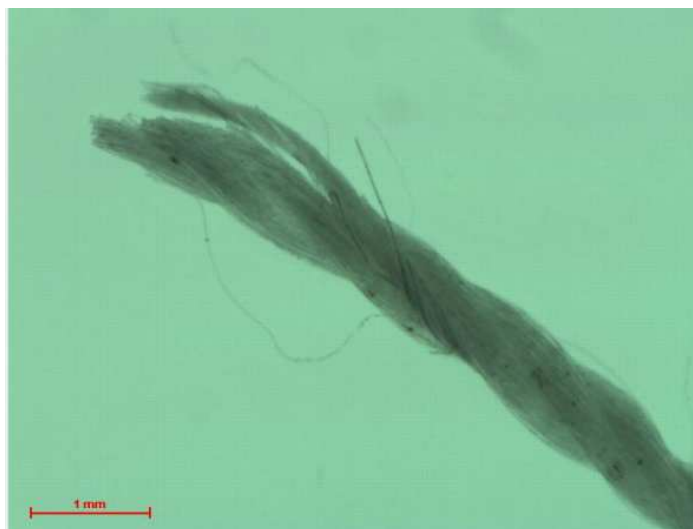
Zákrut: Z

Jemnost: 124,5 Tex

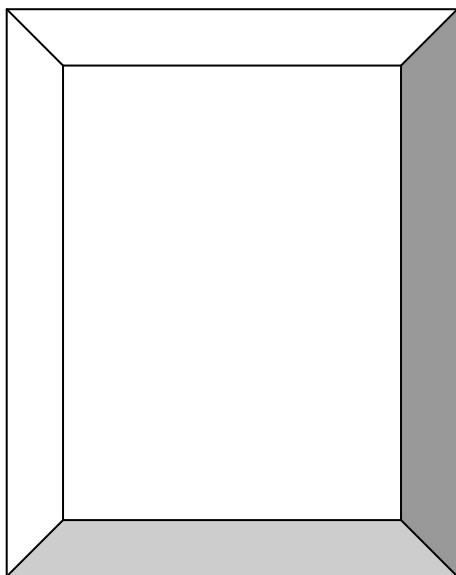
Návin: 200

Výrobce: Amann

Materiál – I-tech 20 – návin, fotka z přístroje Lucie



Materiál – LOT. 40701



Typ materiálu: šicí nit

Materiálové složení: PES / C

Zákrut: Z

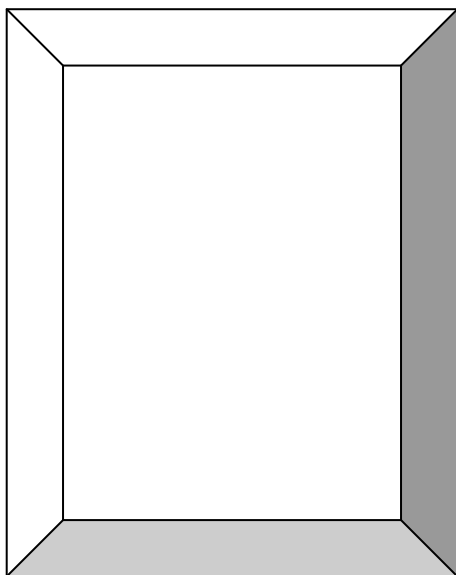
Jemnost: 34,3 Tex

Návin: 200

Materiál – LOT. 40701 – návin, fotka z přístroje Lucie



Materiál – Měděný lakovaný drát



Typ materiálu: drát

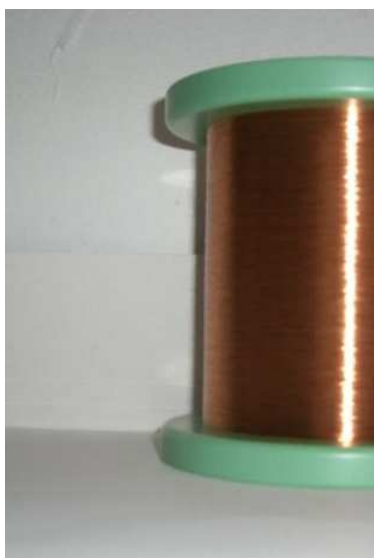
Materiálové složení: měď / lak

Průměr: 0,118 mm

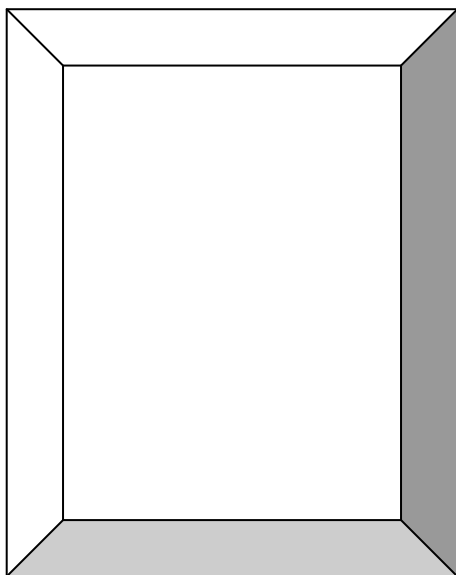
Návin: 1 x 125 km

Výrobce: Elektrisola

Materiál – Měděný lakovaný drát



Materiál – Stuha Gibbon 2005



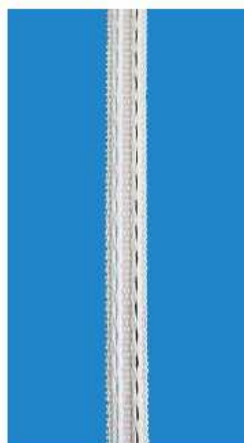
Typ materiálu: stuha

Materiálové složení: PES / stříbro

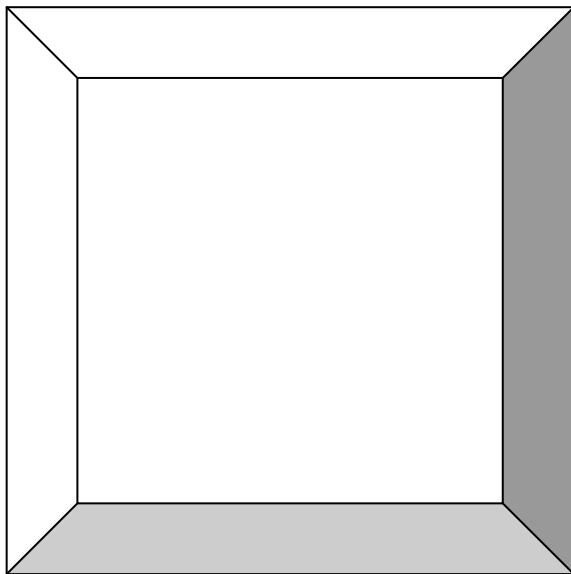
Rozměry: šířka 20 x 0.030 mm

Výrobce: Elekrisola

Materiál – Stuha Gibbon 2005 – podélný pohled, řez stuhou



Textilie – pletenina - VC 105



Typ textilie: pletenina

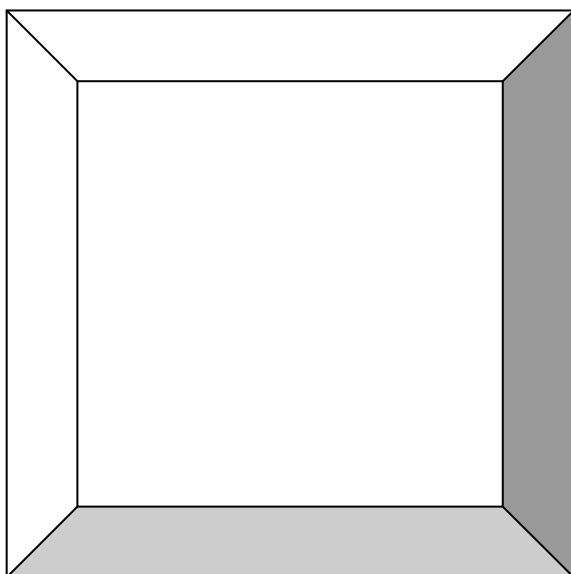
Materiálové složení: PL 94% /
Lycra 6%

Vazba: výplněk elastický

Dostava: sloupky – 34 oček/cm
řádky – 23 oček/cm

Plošná hmotnost: 290 g/m²

Textilie – tkanina



Typ textilie: tkanina

Materiálové složení: ba 100%

Vazba: plátňová

Dostava: osnova – 28 nití/cm
útek – 24 nití/cm

Plošná hmotnost: 143 g/m²

PŘÍLOHA č. 2

Použité šicí stroje

SIRUBA L818F-M1

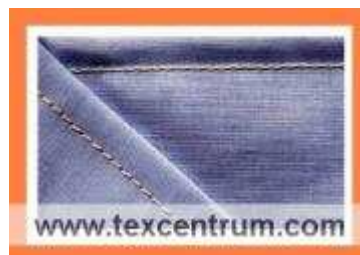


Popis stroje:

Vysokorychlostní 1-jehlový šicí stroj na šití lehkých a středně těžkých materiálů se spodním podáváním, centrálním mazáním pro dlouhou životnost, komplet s výškově stavitelným stavcem, plnohodnotnou deskou 105x55cm s ergonomickou přední hranou a měřítkem, odkládací kapsa na cívky a zásuvka na nářadí, spojkový motor 1x240V nebo 3x380V dle potřeby.

Technické parametry:

- jehla DBx1 #11-14/75-90
- délka stehu max. 5mm
- zdvih patky 5,5mm ruční/13mm kolenní pákou
- otáčky max. 4500-5000 ot./min.



SIRUBA overlock 514M2-24



Popis stroje:

2-jehlový, 4 nitný plochý overlock (typ stehu 514), pro šití středních materiálů se spodním podáváním a horním patkovým zabraňujícím posunu horního a dolního materiálu (zapuštěný ve stole).

Technické parametry:

- šíře stehu: 4 mm, celkově 6 mm
- rozpich jehel: 2 mm
- max. otáčky: 5000 st./min.
- jehly: SCHMETZ jehelní system B-27



SIRUBA F007J-W122-356/FHA



Popis stroje:

3-jehlový šicí stroj se spodním a vrchním krytím, rozpích mezi krajními jehlami 5,6mm, vyjmutím střední jehly možnost šít 2-jehlově, nenavlečením horní nitě lze šít jen se spodním krytím, vyjmutím krajních jehel lze šít dvojitým řetízkovým stehem (1-jehlově),diferenciální podávání, zvláště oblíbený na šití pletenin jako jsou trička, mikiny apod., komplet s výškově stavitelným stavcem, plnohodnotná deska 55x105cm s ergonomickou přední hranou, měřítkem a odkládací kapsou, spojkový motor se sníženou hlučností 3x380V nebo 1x220V dle přání, zásuvka na nářadí.

Technické parametry:

- FHA - vodič na zakládání spodních délek
- délka stehu - 1,2 - 4,0 mm
- max. otáčky - 6000 ot./min.
- jehly - UY128 GAS



PŘÍLOHA č. 3

**Naměřené hodnoty el. odporu u příze LOT. 40701,
měděného drátu a stuhy Gibbon 2005**

Naměřené hodnoty el. odporu u nitě LOT. 40701

LOT. 40701	
Vzorek	R[Ω/20cm]
1	42,11 K
2	20,27 K
3	39,48 K
4	52,22 K
5	24,30 K
\bar{x}	35,676
S	13,19402
Vx	36,98

Použité vzorce pro výpočet statistiky:

Aritmetický průměr $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$

Směrodatná odchylka $S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$

Variační koeficient $v_x = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ [%]}$

Naměřené hodnoty elektrického odporu:

Vázaný steh				
Dráha	Před praním R [Ω/20cm]	1.praní R[Ω/20cm]	2.praní R[Ω/20cm]	3.praní R[Ω/20cm]
1	0,63	přerušeno	přerušeno	přerušeno
2	0,63	0,68	0,69	přerušeno
\bar{x}	0,63	0,68	0,69	0
S	0	0	0	0
Vx	0	0	0	0

Steh - Spodem krycí						
Dráha	Před praním R [Ω/20cm]	1.praní R[Ω/20cm]	2.praní R[Ω/20cm]	3.praní R[Ω/20cm]	4.praní R[Ω/20cm]	5.praní R[Ω/20cm]
1	2,01	1,92	2,01	1,96	1,97	1,74
2	1,92	1,93	1,91	1,95	1,97	1,98
3	2,01	2,02	1,97	1,95	1,95	1,95
4	2,11	2,11	2,18	2,13	2,19	2,09
\bar{x}	2,015	1,995	2,018	1,998	2,02	1,95
S	0,077621	0,088882	0,115866	0,088459	0,029861	0,146287
Vx	3,85	4,45	5,74	4,42	1,47	7,501

Steh - Vrchem krycí						
Dráha	Před praním R [Ω/20cm]	1.praní R[Ω/20cm]	2.praní R[Ω/20cm]	3.praní R[Ω/20cm]	4.praní R[Ω/20cm]	5.praní R[Ω/20cm]
1	2,35	2,21	2,14	2,24	2,14	2,11
2	2,21	2,17	2,4	2,41	přerušeno	přerušeno
3	2,18	2,25	2,21	2,22	2,23	2,21
4	2,21	2,11	2,16	2,08	2,16	2,12
\bar{x}	2,237	2,185	2,227	2,237	2,176	2,147
S	0,076322	0,059722	0,118708	0,135247	0,047258	0,055076
Vx	3,41	2,73	5,33	6,04	2,17	2,56

Stuha - Gibbon 2005						
Dráha	Před praním R [Ω/20cm]	1.praní R[Ω/20cm]	2.praní R[Ω/20cm]	3.praní R[Ω/20cm]	4.praní R[Ω/20cm]	5.praní R[Ω/20cm]
1	0,29	0,3	0,4	0,34	0,32	0,31
2	0,3	0,32	0,31	0,34	0,31	0,3
\bar{x}	0,295	0,31	0,355	0,34	0,315	0,305
S	0,007071	0,014142	0,06364	0	0,007071	0,007071
Vx	2,39	4,56	17,92	0	2,24	2,31

PŘÍLOHA č. 4

Použité přístroje pro měření elektrického odporu

OMEGA HHM290 True RMS SUPERMETER™ - s laserovým zaměřováním pro bezdotykové měření teploty



Popis přístroje:

Model HHM290 v sobě slučuje funkce digitálního multimetru i teploměru. Přístroj má zabudován infra-senzor pro bezdotykové měření teploty a kruhový laserový zaměřovač. Dále je vybaven optikou 10:1. Multimetr měří a zobrazuje napětí, proud, rezistenci, indukanci, kapacitanci a frekvenci. Rovněž má dva termočláňkové vstupy typu K pro dotykové měření teploty. Zvláštní funkce zahrnují měření rozdílu teplot T1-T2, měření minimální, maximální a průměrné hodnoty, manuální/automatické přepínání měřících rozsahů a zabudovaný časovač.

Parametry:

- Pracovní teplota 0 až 50°C
 - Napájení 6x 1,5 Vdc baterie AA nebo síťový adaptér 9 Vdc/200 mA
 - Displej dvojité podsvícení LCD
 - Indikace vybití baterií ikonou na displeji
 - Životnost baterií 100 hod normálního provozu, bez používání laseru a podsvícení displeje
 - Uchytení pro stativ 1/4"-20 UNC
 - Rozměry 203x101x51 mm
 - Hmotnost 640 g
-

MEMMERT UM 500 – Sušička



Popis přístroje:

Přirozené proudění vzduchu v komoře osazené regulační jednotkou Basic. Vnitřní prostor komory nerez, topná tělesa uložena do vlisů pláště komory, nerezové police, regulace teploty od +30°C do +220°C, manuální start ohřevu, dosažení požadované teploty, setrvání na zvolené teplotě, pomocí hodin lze volit vypnutí ohřevu ve zvoleném čase displej pro odečítání aktuální teploty v komoře, zvolené teploty a zbývajcího času do ukončení temperace.

Parametry:

- Regulace teploty od +30°C do +220°C
- Nastavení proudu vzduchu – stupnice 0 – 6
- Automatické vypnutí ohřevu v nastaveném čase

SAMSUNG WF-F1062 - Automatická pračka



Popis přístroje:

Předem plněná pračka energetické třídy A, třídy pracího výkonu A, s účinností odstřeďování C. Regulace spotřeby vody automatická regulace.

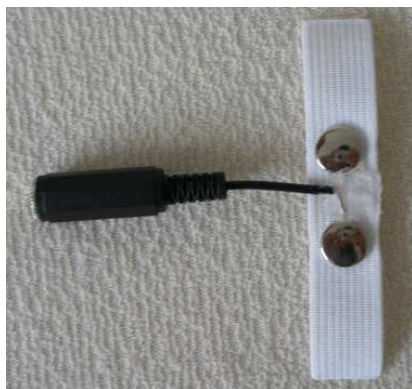
Parametry:

- Maximální počet otáček za minutu 1000 ot./min.
 - Kapacita prádla pro praní 4.50 kg
 - Spotřeba vody při praní 46 l
 - Řízení pračky elektronické řízení
 - Hlučnost při praní 56 dB(A)
 - Hlučnost při ždímání 70 dB(A)
 - Keramické topné těleso
 - LED displej
 - 6 základních pracích programů
 - Máchání+odstředění
 - Odstředění
 - Odčerpání vody
 - Dětský zámek
 - Ochrana proti mačkání, pění a proti přehřátí
 - Samočisticí filtr
 - Materiál vany plastová vana
 - Barva: bílá
 - Rozměry (v x š x h): 85 x 59,8 x 40,4 cm
 - Hmotnost : 62 kg
-

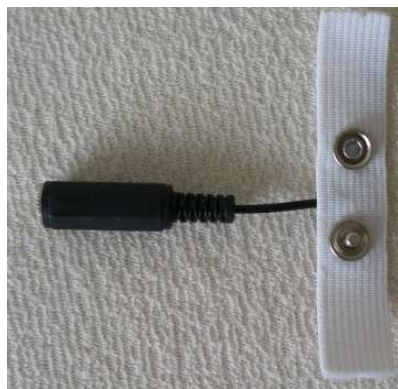
PŘÍLOHA č. 5

Ukázka ukončení konektorů

Konektor pro sluchátka – a) lící strana, b) rubní strana

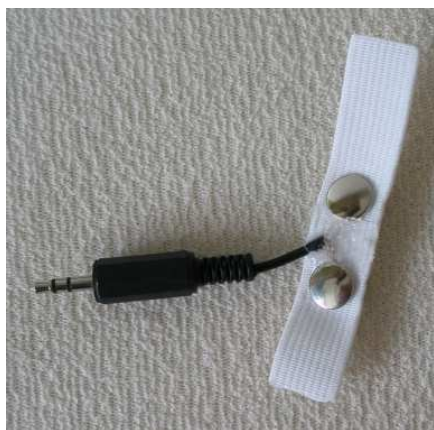


a)



b)

Konektor pro MP3 přehrávač – a) lící strana, b) rubní strana



a)



b)

Zapojená sluchátka do konektoru



Zapojený MP3 přehrávač do konektoru

